



FINAL PROJECT – RC14-1501

STRUCTURE MODIFICATION PLANNING OF IBIS HOTEL BUDGET AND OFFICE COMPLEX USING ECCENTRICALLY BRACED FRAME SYSTEM

DAWAMI BURHAN SIDQI
NRP. 3114 105 049

Supervisor :
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
Ir. Isdarmanu, MSc

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET DAN PERKANTORAN DENGAN MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

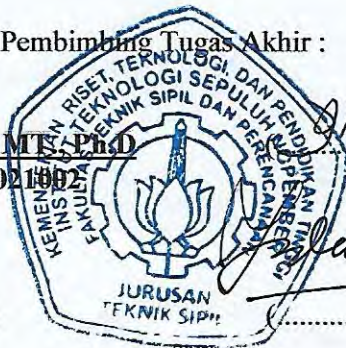
DAWAMI BURHAN SIDQI

NRP. 3114 105 049

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Budi Suswanto, ST., MT, Ph.D

NIP : 197301281998021002



Ir. Isdarmanu, MSc

NIP : -

SURABAYA

JULI, 2016

PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET DAN PERKANTORAN DENGAN MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK

Nama Mahasiswa : Dawami Burhan S.
NRP : 3114105049
Dosen Pembimbing 1 : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Isdarmanu, MSc

ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah yang rawan sekali terkena bencana gempa yang dimana dapat merusak bangunan di sekitar pusat gempa, terutama bangunan yang menggunakan beton pada struktur utamanya. Baja merupakan alternatif bangunan tahan gempa yang sangat baik. Jika dibandingkan dengan struktur beton, baja dinilai memiliki sifat daktilitas yang dapat dimanfaatkan pada saat struktur memikul beban akibat gempa. Salah satu alternatif dalam merancang bangunan gedung baja tahan gempa adalah dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) adalah suatu sistem rangka bangunan baja yang menggunakan bracing sebagai pengaku dan elemen link yang mampu mendisipasi energi gempa melalui mekanisme plastifikasi. Kelebihan sistem ini adalah daktilitas struktur yang baik dengan mekanisme kelelahan geser yang terjadi pada link pendek. Link adalah bagian pada elemen struktur balok yang dibentuk oleh perpotongan balok dan bresing.

Pada perhitungan struktur gedung dengan sistem SRBE ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983. Dan dalam menganalisis strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal pelat bondeks 9 cm, dimensi balok induk WF350x250x9x14, balok link WF500x200x10x16, dimensi bresing WF 300x300x15x15, dimensi kolom lantai 1-4 komposit CFT 700x700x22, lantai 5-8 komposit CFT 600x600x22, lantai 9-12 komposit CFT 500x500x22, lantai 13-16 komposit CFT 400x400x22, dan panjang elemen link direncanakan 100 cm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang spun pile 50 cm dengan kedalaman 30 m. Sloof ukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan utama 4D22 dan tulangan geser Ø12-200.

Kata kunci : Bracing, Sistem Rangka Bresing Eksentris, Link

STRUCTURE MODIFICATION OF HOTEL IBIS BUDGET AND OFFICE WITH ECCENTRICALLY BRACED FRAME

Name : Dawami Burhan S.
NRP : 3114105049
Supervisor I : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
Supervisor II : Ir. Isdarmanu, MSc

ABSTRACT

Indonesia, due to its high frequency of earthquake, is famous for its land's fragility on most of its area. The potential damage the natural disaster can bring to the buildings within its reach is considerably high, especially for those which are mostly concrete-structured. As science expands human's horizon, it is now believed that Steel is one of good alternatives to become the foundation of an earthquake-resistance building. Compared to the one that is concrete, steel has ductility character which can be used to hold load from the potential effects of the earthquake. One of the alternatives in planning a steel construction building which is earthquake-resistance is Eccentrically Braced Frame.

Eccentrically Braced Frame (EBF) is a steel construction building which use bracing as stiffer and link element which can dissipate the earthquake power through plasticity mechanism. The advantage of this system is a good ductility structure with shear melting mechanism which works in the short link. Link itself is a part in bar structure element made from the cutting between bar and braced.

This EBF building construction calculation depends on the Earthquake Resistance Planning Standard for Building Construction SNI 03-1726-2012, the Steel Structure Planning for Building Construction SNI 03-1729-2015, and the Indonesian Imposition Regulation for Building PPIUG 1983. SAP 2000 has been selected to calculate the effect of dynamic earthquake load, specifically used in analysing the structure.

From the analysis and calculation result, it was found that the thickness of bondex plat was 9 cm, the bar dimension was WF 350x250x9x14, the link bar was WF 500x200x10x16, the braced dimension was WF 300x300x15x15, the first to forth composite floors column dimension were CFT 700x700x22, the fifth to eighth composite floors were CFT 600x600x22, the ninth to twelfth composite floors were CFT 500x500x22, the thirteenth to sixteenth composite floors were CFT 400x400x22, and the length of link element was planned 100 cm. The planning of foundation used 50 cm spun pile pole with 30 m of depth. It also used 40 cm x 60 cm sloof with 4D22 as the main reinforcement and Ø12-200 as the shear reinforcement.

Keyword : Bracing, Eccentrically Braced Frame System, Link

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Pengertian	Error! Bookmark not defined.
2.2 Konsep Perencanaan Struktur SRB.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Elemen Link.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Kuat Elemen <i>Link Beam</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Panjang Elemen <i>Link Beam</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Pendetailan Link Beam.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.5 Panjang Link.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Pengumpulan Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Studi literatur	Error! Bookmark not defined.

3.2.3 Preliminary design	Error! Bookmark not defined.
3.2.3.1 Perencanaan struktur sekunder.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.3.2 Perencanaan struktur utama	Error! Bookmark not defined.
3.2.4 Perhitungan beban struktur	Error! Bookmark not defined.
3.2.5 Permodelan struktur...	Error! Bookmark not defined.
3.2.6 Kontrol perencanaan struktur utama	Error! Bookmark not defined.
3.2.6.1 Kontrol desain	Error! Bookmark not defined.
3.2.6.2 Kontrol perhitungan elemen struktur primer	Error! Bookmark not defined.
3.2.6.3 Perencanaan sambungan	Error! Bookmark not defined.
3.2.7 Perhitungan struktur bawah	Error! Bookmark not defined.
3.2.7.1 Perencanaan Tiang Pancang	Error! Bookmark not defined.
3.2.7.2 Perencanaan Poer	Error! Bookmark not defined.
3.2.7.3 Perencanaan penulangan lentur	Error! Bookmark not defined.
3.2.8 Penggambaran Teknik	Error! Bookmark not defined.
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER .	Error! Bookmark not defined.
4.1 Umum.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Perencanaan Pelat.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Perencanaan Pelat Atap	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Perencanaan Pelat Lantai	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Perencanaan Pelat Koridor.....	Error! Bookmark not defined.

4.3 Perencanaan Balok Anak ..	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Perencanaan Balok Anak Atap .	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.3 Perencanaan Balok Anak Koridor ..	Error! Bookmark not defined.
4.4 Perencanaan Balok <i>Lift</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5 Perencanaan Tangga	Error! Bookmark not defined.
4.5.1 Perencanaan Tangga ..	Error! Bookmark not defined.
4.5.2 Bordes	Error! Bookmark not defined.
4.5.3 Balok Utama Tangga .	Error! Bookmark not defined.
4.5.4 Balok Penumpu Tangga.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V PEMODELAN STRUKTUR.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Penjelasan Umum	Error! Bookmark not defined.
5.2 Pemodelan Struktur.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1 Data masukan material	Error! Bookmark not defined.
5.2.2 Data masukan elemen struktur..	Error! Bookmark not defined.
5.2.3 Besaran massa.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.4 Pemodelan struktur 3 dimensi ..	Error! Bookmark not defined.
5.3 Pembebanan Struktur Utama	Error! Bookmark not defined.
5.4 Pembebanan Gempa Dinamis	Error! Bookmark not defined.
5.4.1 Penentuan klasifikasi situs.....	Error! Bookmark not defined.
5.4.2 Parameter respon spektrum rencana	Error! Bookmark not defined.
5.4.3 Arah pembebanan	Error! Bookmark not defined.

5.4.4 Faktor reduksi gempa (R)	Error! Bookmark not defined.
5.4.5 Faktor keutamaan (I)..	Error! Bookmark not defined.
5.4.6 Kombinasi Pembebanan	Error! Bookmark not defined.
5.5 Kontrol Penerimaan Pemodelan Struktur	Error! Bookmark not defined.
5.6 Kontrol Desain	Error! Bookmark not defined.
5.6.1 Kontrol partisipasi massa.....	Error! Bookmark not defined.
5.6.2 Kontrol waktu getar alami fundamental	Error! Bookmark not defined.
5.6.3 Kontrol nilai akhir respon spektrum	Error! Bookmark not defined.
5.6.4 Kontrol batas simpangan antar lantai (drift)	Error! Bookmark not defined.
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	Error! Bookmark not defined.
6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer ...	Error! Bookmark not defined.
6.1.1 Balok induk.....	Error! Bookmark not defined.
6.1.1.1 Balok induk memanjang	Error! Bookmark not defined.
6.1.1.2 Balok induk melintang	Error! Bookmark not defined.
6.1.2 Kolom	Error! Bookmark not defined.
6.1.2.1 Kolom Lantai 1-4	Error! Bookmark not defined.
6.1.3 Link WF 500.200.10.16	Error! Bookmark not defined.
6.1.3.1 Link Arah X...	Error! Bookmark not defined.
6.1.3.2 Pengaku link arah x	Error! Bookmark not defined.
6.1.3.3 Link arah y.....	Error! Bookmark not defined.

6.1.3.4 Pengaku <i>link</i> arah y	Error! Bookmark not defined.
6.1.4 Balok diluar <i>link</i>	Error! Bookmark not defined.
6.1.4.1 Balok diluar <i>link</i> arah x	Error! Bookmark not defined.
6.1.4.2 Balok diluar <i>link</i> arah y	Error! Bookmark not defined.
6.1.5 Bresing	Error! Bookmark not defined.
6.1.5.1 Bresing arah x	Error! Bookmark not defined.
6.1.5.2 Bresing arah y	Error! Bookmark not defined.
6.2. Perencanaan Sambungan..	Error! Bookmark not defined.
6.2.1 Sambungan balok anak dengan balok induk.....	Error! Bookmark not defined.
6.2.2 Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga.....	Error! Bookmark not defined.
6.2.3 Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom	Error! Bookmark not defined.
6.2.4 Sambungan antara kolom dengan kolom.....	Error! Bookmark not defined.
6.2.5 Sambungan kolom 700.700.22.22 dengan kolom 600.600.22.22	Error! Bookmark not defined.
6.2.6 Sambungan balok dengan kolom....	Error! Bookmark not defined.
6.2.7 Sambungan Batang Bresing WF 300.300.15.15.	Error! Bookmark not defined.
6.2.8 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH	Error! Bookmark not defined.
7.1 Umum	Error! Bookmark not defined.
7.2 Data Tanah	Error! Bookmark not defined.
7.3 Perencanaan Pondasi.....	Error! Bookmark not defined.
7.4 Daya Dukung Tanah	Error! Bookmark not defined.
7.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal....	Error! Bookmark not defined.

7.4.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok	Error! Bookmark not defined.
7.5 Perhitungan Pondasi Kolom.....	Error! Bookmark not defined.
7.5.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang .	Error! Bookmark not defined.
7.5.2 Perhitungan Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok ..	Error! Bookmark not defined.
7.5.3 Perencanaan Poer Pada Kolom .	Error! Bookmark not defined.
7.5.4 Kontrol Geser Pons	Error! Bookmark not defined.
7.5.4.1 Akibat Kolom	Error! Bookmark not defined.
7.5.4.2 Akibat Pancang	Error! Bookmark not defined.
7.5.5 Penulangan Poer	Error! Bookmark not defined.
7.5.5.1 Penulangan Arah x	Error! Bookmark not defined.
7.5.5.2 Penulangan Arah y	Error! Bookmark not defined.
7.6 Perencanaan Kolom Pedestal	Error! Bookmark not defined.
7.7 Perencanaan Sloof Pondasi	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII PENUTUP	177
9.1 Kesimpulan	177
9.2 Saran.....	178

DAFTAR PUSTAKA

JADWAL RENCANA PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

DATA TANAH

GAMBAR EXISTING

GAMBAR MODIFIKASI

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konfigurasi link pada beberapa sistem portal (AISC, 2005)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 distribusi gaya pada link...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4. Gaya yang bekerja pada link	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Detailing Pada <i>Link Beam</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Pelat Lantai Perkantoran ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai Perkantoran..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5 Pelat Lantai Perkantoran ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Lantai Perkantoran..	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4.7 Denah Balok Lantai Atap. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Denah Balok Lantai Perkantoran **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Denah Balok Lantai Koridor **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Denah Lift .**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Potongan Melintang Lift **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.13 Denah Tangga **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.15 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga .
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 Denah Bordes **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga
Error! Bookmark not defined.

Gambar 4.18 Bidang Momen Balok Utama Tangga
Error! Bookmark not defined.

Gambar 4.19 Gaya Lintang Balok Utama Tangga.. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.20 Gaya Normal Balok Utama Tangga.. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.21 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.23 Posisi M_A , M_B , M_C Balok Penumpu Tangga.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.24 Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga..
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Ibis Budget dan
Perkantoran.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.2 Input Form Material pada SAP 2000v14
Error! Bookmark not defined.

Gambar 5.3 Input Form Elemen Struktur pada SAP
2000v14.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.4 Pemodelan Kolom CFT dalam SAP2000v14.
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.5 Pemodelan Balok Menggunakan Profil WF
dalam SAP2000v14.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.6 Input Form Mass Source pada SAP 2000v14.
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.7 Model 3 Dimensi Struktur Hotel IBIS
Budged & Perkantoran**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.8 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah
Surabaya.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.9 Grafik Respon Spektrum Situs E Surabaya
Error! Bookmark not defined.

Gambar 5.10 Pembebanan Gempa Dinamis Arah X
Error! Bookmark not defined.

Gambar 5.11 Pembebanan Gempa Dinamis Arah Y
Error! Bookmark not defined.

Gambar 5.12 Kombinasi Pembebanan .**Error! Bookmark
not defined.**

Gambar 5.13 Area Pembebanan Pada Kolom yang
Ditinjau.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.14 Detail Area Pembebanan Pada Kolom yang
Ditinjau.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.15 Hasil Output Beban Mati + Hidup dari
Kolom yang di tinjau**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.16 Peninjauan Simpangan Pada Struktur **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.17 Simpangan Yang Terjadi Pada Struktur **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $700 \times 700 \times 22 \times 22$ **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.2 Denah *Link* untuk Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.3 Hasil Output Gaya Dalam Pada Link Arah X.
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.4 Jarak Pengaku Pada Link Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.5 Denah *Link* untuk Arah Y **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.7 Jarak Pengaku Pada Link Arah Y **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.8 Denah Balok Diluar Link Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.9 Denah Balok diluar *Link* untuk Arah Y
Error! Bookmark not defined.

Gambar 6.10 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.11 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.12 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.13 Sambungan Kolom dengan Kolom ... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.14 Sambungan Kolom dengan Kolom ... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.15 Sambungan Balok dengan Kolom..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.16 Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6.17 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*
Error! Bookmark not defined.

Gambar 6.18 Arah Beban Sumbu X pada Base Plate
Error! Bookmark not defined.

Gambar 7.1 Pondasi Tiang Pancang**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.2 Geser Ponds Akibat Kolom..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.3 Geser Ponds Akibat Tiang Pancang **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.4 Analisa Poer sebagai Balok Kantilever**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.5 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X) ...
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.6 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu Y) ..
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.7 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan
Program PCA Col.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7.8 Penulangan Kolom Pedestal **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

- Tabel 2. 1 Klasifikasi link **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 1 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 2 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)..**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 3 Perhitungan Beban Mati & Hidup Lantai..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 4 Perhitungan Beban Mati Dinding **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 5 Perhitungan Beban Mati Balok .**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 6 Perhitungan Beban Mati Kolom Beton **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 7 Perhitungan Beban Mati Kolom Baja..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5. 8 Rasio Partisipasi Massa Hotel IBIS Budged & Perkantoran.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 9 Perioda dan Frekuensi Struktur ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 10 Reaksi Dasar Struktur.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 11 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 12 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 13 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7. 1 Hasil Analisis SAP 2000 Untuk Kolom.....	Error! Bookmark not defined.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung Hotel IBIS Budget dan Perkantoran merupakan bangunan 16 lantai yang terletak di Jalan Darmo Permai Timur I No. 2 & 9, Surabaya. Desain struktur yang dipakai pada gedung Hotel IBIS Budget dan Perkantoran ini semula menggunakan struktur beton dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) sebagai perhitungan strukturnya. Bangunan tersebut harus mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan konstruksi.

Gedung beton bertulang mempunyai berbagai kelemahan antara lain, mempunyai bobot yang berat, kuat tarik yang lemah, dapat mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, daya pantul suara yang besar, dan pelaksanaan pekerjaan membutuhkan waktu yang relatif lama. (Widyastuti,2010)

Indonesia merupakan daerah yang rawan sekali terkena bencana gempa yang dimana dapat merusak bangunan di sekitar pusat gempa, terutama bangunan yang menggunakan beton pada struktur utamanya. Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa. Sehingga dalam merancang suatu bangunan tahan gempa harus mengutamakan keselamatan dan kenyamanan, dimana bahan dan sistem struktur merupakan suatu hal yang terpenting dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa. Maka dari itu, diperlukan inovasi dalam merencanakan sebuah konstruksi bangunan tahan gempa. Salah satunya adalah dengan merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan konstruksi baja.

Baja memiliki sifat daktail (tidak getas), dimana baja mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Ini memberikan cukup waktu untuk evakuasi bila terjadi gempa. Konstruksi baja juga memiliki berat yang relatif lebih ringan dari pada bahan lain tetapi juga memiliki kemampuan yang cukup tinggi, hampir tidak

memiliki perbedaan nilai muai dan susut, dan dalam hal pelaksanaan jauh lebih cepat dibanding material lain. (Suwignya,2010)

Dengan beberapa keunggulan sifat baja di atas, kita dapat merencanakan bangunan gedung tahan gempa menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) dimana memiliki kekakuan dan daktilitas cukup baik.

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) adalah kombinasi gabungan dari Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang sangat daktil dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK) yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang cukup baik. Karakteristik yang membedakan SRBE dengan desain struktur tahan gempa SRPM dan SRBK adalah adanya penghubung yang terdapat pada setidaknya salah satu ujung dari bracing yang disebut sebagai link. (Budiono dan Yurisman,2011)

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) merupakan suatu sistem struktur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastik yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) dibawah pembebanan lateral, mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban gempa besar, kemampuan menyerap energi dan konsisten tanpa terjadi pengurangan kekakuan sampai sejumlah putaran (*cycle*) yang cukup tinggi. (Engelhardt dan Popov, 1989;1992).

Penggunaan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) dirasa sangat cocok dalam perencanaan bangunan gedung bertingkat yang tahan terhadap beban gempa dikarenakan pada Sistem Rangka Bresing Eksentrik ada suatu bagian dari balok yang disebut Link dan direncanakan secara khusus. SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada Link saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana karena element link tersebut berfungsi sebagai penyerapan energi ketika struktur menerima beban gempa. Kolom-kolom, batang bresing, dan bagian dari balok di luar Link harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh Link. (Suwignya,2010)

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak dan tangga?
2. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok dan kolom?
3. Bagaimana merencanakan bresing eksentrik dan link?
4. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000v14?
5. Bagaimana merencanakan sambungan?
6. Bagaimana merencanakan pondasi?
7. Bagaimana mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

1. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak dan tangga.
2. Merencanakan struktur primer yang meliputi balok dan kolom.
3. Merencanakan bresing eksentrik dan link.
4. Memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000v14.
5. Merencanakan sambungan.
6. Merencanakan pondasi.
7. Mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan SNI 03-1729-2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
2. Tidak membahas metode pelaksanaan.
3. Tidak menghitung anggaran biaya.
4. Tidak meninjau metode pelaksanaan proyek.
5. Tidak mempertimbangkan sistem sanitasi dan instalasi listrik gedung.

6. Tidak meninjau dari segi arsitektural.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bias di harapkan dari modifikasi perencanaan ini adalah:

1. Sebagai inovasi dalam perencanaan gedung baja bertingkat yang tahan terhadap gempa menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik.
2. Dari perencanaan ini bisa di ketahui hal- hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan gedung tahan gempa sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.

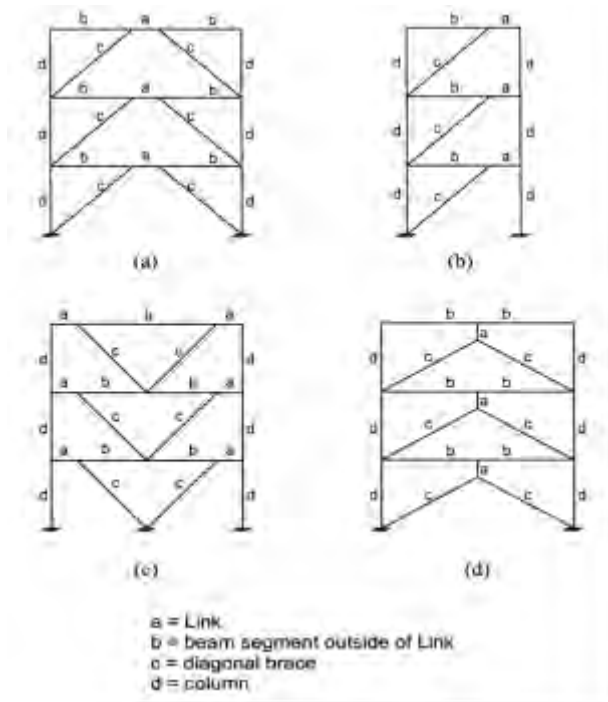
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian

Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) adalah suatu sistem rangka baja yang terdiri dari balok, kolom, dan pengaku dimana pada ujung dari bagian pengakunya terdapat suatu elemen yang menggabungkan antar bagian dari sistem rangka yang disebut *link*. Elemen ini sangat penting dalam desain SRBE yang diharapkan sebagai elemen yang menyerap energi gempa dengan proses plastifikasi. Pada elemen yang rusak tersebut digunakan sebagai sarana pemencaran energi, hal ini dikarenakan area plastis tersebut memiliki rentang regangan energi yang begitu besar untuk bisa dimanfaatkan (Budiono, 2010).

Konsep desain tahan gempa SRBE adalah elemen link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelehan yang terjadi pada elemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov ,1989;1992)

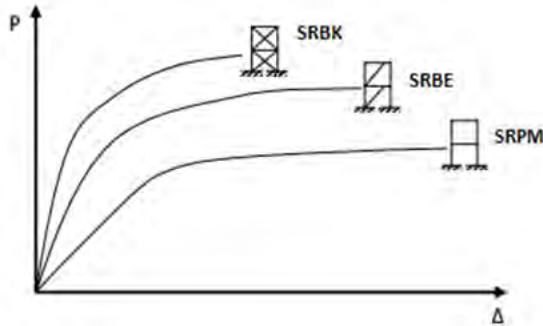


Gambar 2.1. Konfigurasi link pada beberapa sistem portal (AISC, 2005)

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) adalah kombinasi gabungan dari Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang sangat daktail dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK) yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang cukup baik. Karakteristik yang membedakan SRBE dengan desain struktur tahan gempa SRPM dan SRBK adalah adanya penghubung yang terdapat pada setidaknya salah satu ujung dari bracing yang disebut sebagai link. (Budiono dan Yurisman, 2011)

Pada gambar 2.2 dijelaskan tentang kurva hubungan antara gaya lateral dengan perpindahan yang terjadi pada SRBK, SRBE, dan SRPM. SRBE dapat memberikan perilaku struktur yang di

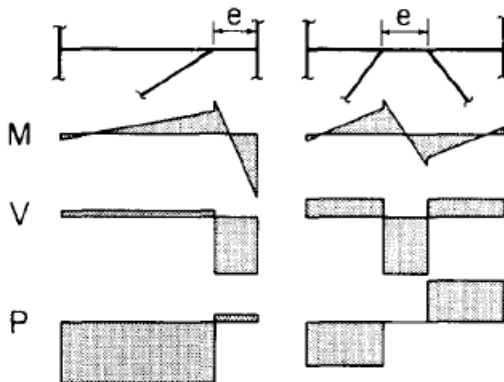
harapkan saat terjadi gempa yaitu terlalu kaku seperti halnya SRBK tetapi juga tidak terlalu memiliki deformasi yang besar seperti SRPM.



Gambar 2.2 Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja (Moestopo, 2006)

2.2 Konsep Perencanaan Struktur SRBE

Distribusi gaya dalam struktur yaitu momen (M), Geser (V), dan axial (P) pada balok dan link dari SRBE pada saat terkena beban lateral (gempa) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 distribusi gaya pada link

Ada dua keadaan yang bisa disimpulkan berdasar gambar 2.3, dari gambar tersebut diketahui bahwa *link* mendapatkan gaya geser yang tinggi di semua bagian *link* dan momen yang besar pada ujung-ujungnya. Jika *link* terlalu pendek, pada saat penambahan beban lateral *link* akan leleh terhadap geser dengan momen yang relatif kecil pada ujung-ujungnya. Sedangkan pada suatu kasus lain jika *link* terlalu panjang, maka momen plastis pada sendi-sendi pada ujung *link*, dengan sedikit atau tanpa mengalami leleh akibat geser. Maka bisa dikatakan bila *link* terlalu pendek akan disebut *link* geser dan *link* yang terlalu panjang akan disebut sebagai *link* momen. Energi disipasi dan kegagalan struktur dari kedua jenis *link* ini pun akan berbeda. (Popov dan Engelhardt, 1988).

Untuk mendesain SRBE maka pendekatan umum yang harus dilakukan agar mendapatkan kekuatan struktur yang baik adalah :

1. Tiga variabel utama dalam mendesain SRBE adalah konfigurasi pengaku, panjang *link*, dan profil *link* yang dipakai (Roy Becker, 1996)
2. *Link* adalah elemen terlemah dalam SRBE, dan elemen struktur yang lain seperti balok, kolom, dan sambungan harus lebih kuat dari *link* (Engelhardt, 2007)
3. Dapat dipasang *stiffener* dan pengaku lateral untuk menunjang daktilitas (Engelhardt, 2007)
4. Cek *link* agar dapat memenuhi daktilitas yang diperlukan (Engelhardt, 2007).

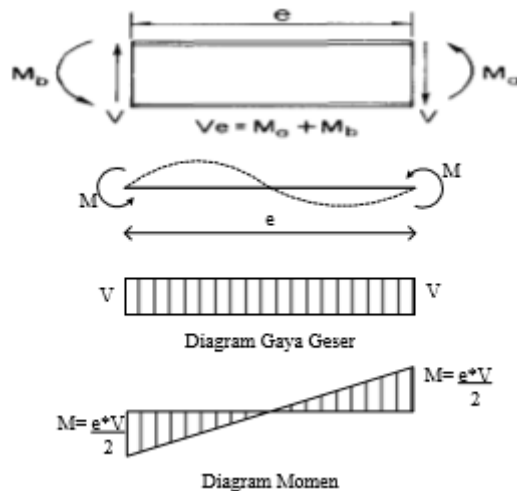
2.3 Elemen Link

2.3.1 Kuat Elemen *Link Beam*

Link berperan sebagai penyerap energi yang stabil dan membatasi gaya terhadap kolom dan balok diluar *link*. *Link* berperilaku sebagai balok pendek dengan gaya geser yang bekerja berlawanan arah pada kedua ujungnya. Karena adanya gaya geser yang bekerja pada kedua ujung balok, maka momen yang dihasilkan pada kedua ujung balok mempunyai besar dan arah yang

sama. Deformasi yang dihasilkan berbentuk S dengan titik balik pada tengah bentang dan besarnya momen yang bekerja adalah sebesar 0.5 kali besar gaya geser dikali dengan panjang link. Plastifikasi yang terjadi pada suatu elemen link disebabkan karena kedua gaya tersebut. Gambaran gaya yang bekerja pada elemen link diperlihatkan pada Gambar 2.4.

Sesuai dengan fungsinya yang menyerap energi lewat mekanisme sendi plastik (fully plastic hinge mechanism) maka link tidak boleh mengalami tekuk elastik dan tekuk inelastik (partially plastic buckling) sebelum kapasitas rotasi sendi plastik yang disyaratkan dalam peraturan tercapai. Oleh karena itu dalam pemilihan penampang link yang akan dipakai sesuai dengan modulus elastisitas (E) dan mutu baja yang dipakai (f_y) telah ditetapkan batasan kelangsingan yang harus dipenuhi sesuai dengan peraturan yang berlaku.



Gambar 2.4. Gaya yang bekerja pada link
(Engelhart dan Popov, 1988 ; Becker dan M. Isler, 1996)

2.3.2 Panjang Elemen *Link Beam*

Panjang link (e) yang disyaratkan disesuaikan dengan klasifikasi link berdasarkan perbedaan panjang berdasarkan AISC, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. Mekanisme kelelahan link, kapasitas energi disipasi dan mode kegagalan sangat erat hubungannya dengan faktor panjang dari link. Untuk link pendek, perilaku inelastik dominan terhadap gaya geser, sebaliknya untuk link panjang perilaku inelastik didominasi oleh lentur. Untuk link antara (intermediate link), kelelahan dipengaruhi oleh geser dan lentur. (Yurisman, 2010)

Semakin pendek link, maka semakin besar pengaruh gaya geser terhadap perilaku inelastik. Kelelahan geser terjadi seragam sepanjang link. Untuk link yang sangat pendek gaya geser link mencapai kapasitas geser plastis $V_p = 0.6.d.t_w.F_y$, sebelum momen ujung mencapai momen plastis $M_p = Z_x.F_y$, dan link leleh akibat geser membentuk sebuah sendi geser. Link geser mempunyai sifat sangat daktil dengan kapasitas inelastik yang melebihi kapasitas geser badan, sehingga kegagalan buckling terjadi pada web. (Yurisman, 2010)

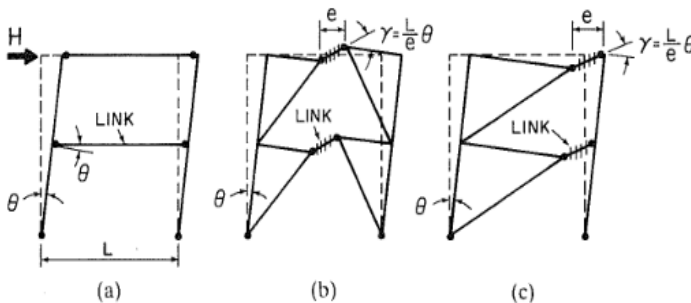
2.3.3 Sudut Rotasi *Link Beam*

Sudut rotasi link beam adalah sudut inelastis antara *link beam* dan balok di samping *link* ketika besarnya total *story drift* sama dengan besarnya desain *story drift*, θ . Pada design struktur penahan gempa dengan SRBE perlu diperhitungkan besar rotasi plastis yang akan dialami oleh link. Pada tahap ini lebih mudah menggunakan mekanisme disipasi energi (juga disebut mekanisme kehancuran). Gambar 2.5 menunjukkan mekanisme kehancuran dari SRBE. Pada setiap kasus θ merupakan besar penyimpangan yang terjadi pada rangka, besar penyimpangan pada sendi plastis terhadap balok juga disimbolkan θ . Untuk SRBE besar dari kebutuhan rotasi link (γ) harus lebih besar dari θ , dengan perumusan:

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta \quad (2.1)$$

Dimana:

- γ = Rotasi link
- L = Panjang balok
- e = Panjang link
- θ = Besar penyimpangan struktur



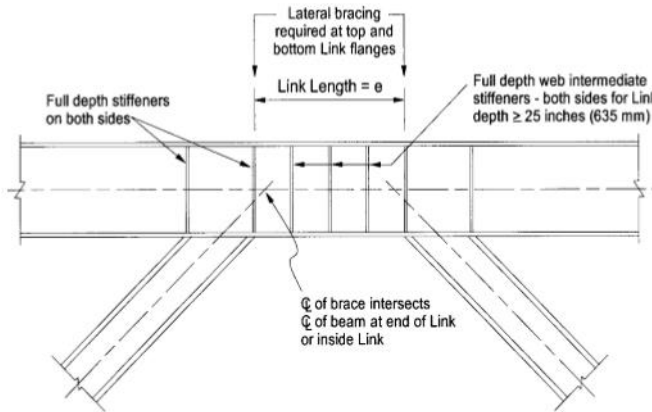
Gambar 2.5 Sudut Rotasi *Link Beam*
(Sumber: Engelhart dan Popov, 1988)

2.3.4 Pendetailan Link Beam

Pendetailan pada *web link beam* yaitu berupa pemberian *web stiffeners* dapat memberikan perilaku *link beam* yang stabil, daktail serta terkontrol dibawah pembebanan *cyclic* (gempa). *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung *link* untuk mentransfer gaya geser pada elemen penahan, sehingga membutuhkan pengaku *web* untuk mencegah terjadinya tekuk (*buckling*). Dan *full depth stiffeners* juga dibutuhkan ditengah-tengah *link* (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan *lateral torsional buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Link berperilaku sebagai balok pendek dengan gaya geser yang bekerja berlawanan arah pada kedua ujungnya, sehingga

momen yang dihasilkan pada kedua ujung balok mempunyai besar dan arah yang sama dan deformasi yang dihasilkan berbentuk S. Titik balik terletak pada tengah bentang dan besarnya momen yang bekerja adalah sebesar 0,50 kali besar gaya geser dikali dengan panjang link. Plastifikasi yang terjadi pada suatu elemen link disebabkan karena kedua gaya tersebut (Budiono,2011). Untuk pendetailan sambungan bresing dan balok ditunjukkan oleh Gambar 2.6



Gambar 2.6 Detailing Pada *Link Beam*
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov,1986)

2.3.5 Panjang Link

Berdasarkan ukuran panjang link (e), dikenal klasifikasi jenis link sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Klasifikasi link

Jenis Link	Syarat Link	Keterangan
Geser murni	$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh geser penuh
Dominan geser	$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh geser

Dominan lentur	$\frac{2,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh lentur
Lentur murni	$e \geq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada link disebabkan oleh lentur

Dimana :

M_p = momen plastis penampang link = $Z_x \cdot f_y$

V_p = gaya geser plastis penampang (badan) link = $0,6 \cdot f_y (d - 2 \cdot t_f)$

f_y = tegangan leleh nominal penampang

Z_x = modulus plastis penampang link.

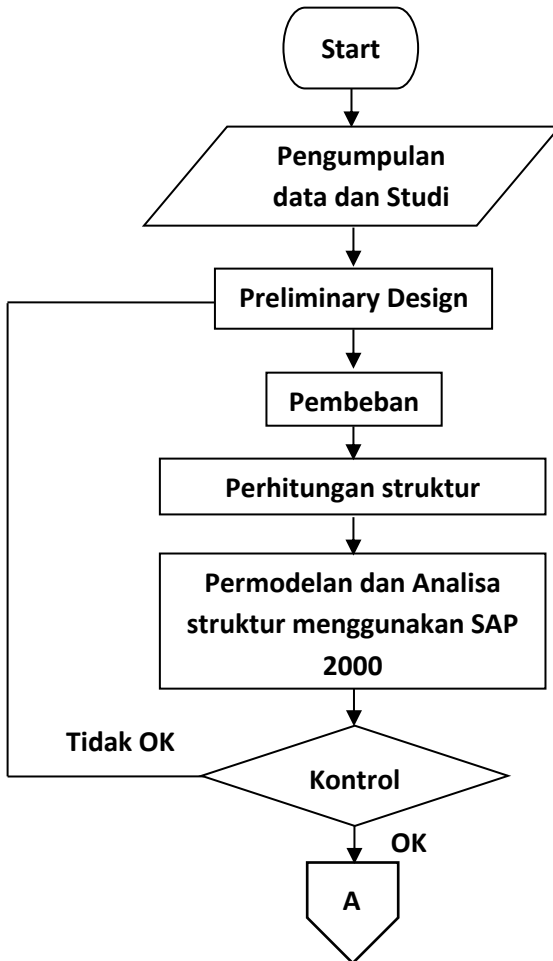
Link geser atau link pendek memiliki kinerja yang baik dalam mendisipasi energi gempa melalui deformasi inelastik geser pada pelat badan link yang ditunjukkan dengan kurva histeresis yang ‘gemuk’ dan stabil. Dengan demikian, variasi panjang link akan menentukan tingkat kinerja SRBE. (Moestopo dan Yudi, 2006)

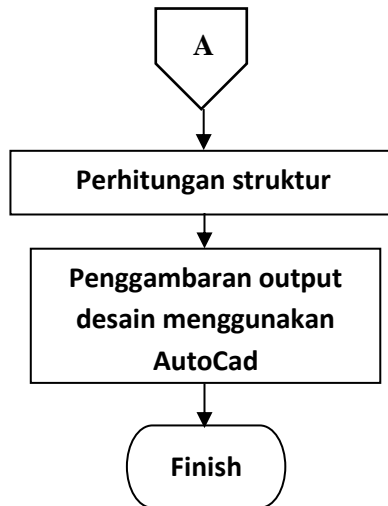
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan Data

Mencari data umum bangunan dan data tanah gedung Hotel Ibis Budget dan Perkantoran.

Data umum bangunan :

1. Nama Gedung : Hotel Ibis Budget dan Perkantoran
2. Lokasi : Jalan Darmo Permai Timur I No.2 & 9 Surabaya
3. Fungsi : Hotel & Perkantoran
4. Jumlah Lantai : 16 lantai dan 1 lantai atap
5. Tinggi Gedung : 58,1 m
6. Material Struktur : Beton bertulang
7. Sistem struktur : Sistem ganda

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data-data sebagai berikut :

1. Nama Gedung : Hotel Ibis Budget dan Perkantoran
2. Lokasi Gedung : Jalan Darmo Permai Timur I No.2 & 9 Surabaya
3. Fungsi Gedung : Hotel & Perkantoran
4. Tinggi Gedung : 58,1 m
5. Jumlah Lantai : 16 Lantai dan 1 lantai atap
6. Material Struktur : Baja
7. Sistem Struktur : Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Gambar modifikasi gedung dan data tanah dapat dilihat pada lampiran

3.2.2 Studi literatur

Melakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir mengenai perencanaan bangunan struktur baja menggunakan Sistem Ganda. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983
2. SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
3. SNI 03-1729-20015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
4. SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
5. Buku struktur baja 1 (Marwan Ibrahim dan Isdarmanu)
6. Buku Daya dukung pondasi dalam (Herman Wahyudi)
7. Buku Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD (Agus Setiawan)
8. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan SRBE

3.2.3 Preliminary design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

3.2.3.1 Perencanaan struktur sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

1. lat lantai
2. balok anak
3. tangga
4. balok penumpu lift

3.2.3.2 Perencanaan struktur utama

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

1. Perencanaan panjang link.
2. Dimensi balok.
3. Dimensi kolom.
4. Dimensi pengaku.

3.2.4 Perhitungan beban struktur

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut :

1. Beban Mati (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.1)
2. Beban Hidup (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.2)
3. Beban Angin (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.3)
4. Beban Gempa (SNI 03-1726-2012)
5. Kombinasi Pembebanan (SNI 03-1726-2012)

3.2.5 Permodelan struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program SAP 2000 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

3.2.6 Kontrol perencanaan struktur utama

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan.

3.2.6.1 Kontrol desain

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 03-1726-2012.

1. Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%

2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%

3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.1)$$

Dimana nilai parameter untuk SRBE adalah:

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = \text{Tinggi gedung}$$

4. Kontrol Kinerja Struktur Gedung

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3

3.2.6.2 Kontrol perhitungan elemen struktur primer

Desain elemen struktur primer dikontrol berdasarkan SNI 03-1729-2015 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi:

1. Kolom (SNI 1729:2015 pasal E3)

Kolom merupakan elemen struktur yang menerima gaya tekan. Kolom menahan beban aksial melalui titik centroid. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfakt or, Nu harus memenuhi syarat:

$$N_u \leq \phi N_n \rightarrow \phi = 0,9 \quad (3.2)$$

- Kontrol Tekuk Lentur (SNI 1729:2015 pasal E3)

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (3.4)$$

Dimana :

P_n = kuat tekan nominal

F_{cr} = tegangan kritis

A_g = luas penampang bruto

- Kontrol Tekuk Puntir (SNI 1729:2015 pasal E4)

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3.5)$$

Dimana :

C_w = konstanta pilin, (mm⁶)

G = modulus elastis geser dari baja (77200 MPa)

K_z = faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

J = konstanta torsi (mm⁴)

I_x, I_y = momen inersia di sumbu utama (mm⁴)

- Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur:
(SNI 1729:2015 pasal H1.1)

- Momen lentur dominan

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00 \quad (3.6)$$

- Gaya aksial dominan

$$\frac{P_r}{P_c} < 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00 \quad (3.7)$$

Dimana :

P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (N)

P_c = kekuatan aksial tersedia (N)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (Nmm)

M_c = kekuatan lentur tersedia (Nmm)

x = indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur

y = indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur

- Amplifikasi momen (SNI 1729:2015 pasal 8.2)

- Kekuatan lentur yang diperlukan, M_r , dan kekuatan aksial, P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (3.8)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (3.9)$$

Dimana :

B_1 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

B_2 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

M_{lt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

M_{nt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.

P_{lt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

P_{nt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

2. Balok (SNI 03-1729-2015 Pasal F1)

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\phi_b M_n > M_u \quad (3.10)$$

$$\phi_v V_n > V_u \quad (3.11)$$

Dengan ϕ_b adalah faktor reduksi lentur dan ϕ_v adalah faktor reduksi geser yang nilainya sebesar 0,9.

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut:

- a. Cek terhadap kelangsingan penampang (SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b)

sayap (*flange*):

- Penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p \quad (3.12)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.13)$$

badan (*web*):

- Penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p \quad (3.14)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.15)$$

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

- Penampang kompak

$$M_n = R_{pg} \cdot F_{cr} \cdot S_{xc} \quad (3.16)$$

- Penampang tidak kompak

$$F_{cr} = \left[F_y - (0.3 F_y) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \quad (3.17)$$

- Untuk Penampang langsing

$$F_{cr} = \frac{0.9 E k_c}{\left(\frac{b_f}{2 t_f} \right)^2} \quad (3.18)$$

Dimana:

R_{pg} = faktor reduksi kekuatan lentur.

F_{cr} = tegangan kritis.

S_{xc} = modulus penampang elastis.

Secara umum harus dipenuhi persamaan:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.19)$$

Dimana:

M_n = momen nominal

M_u = momen ultimate

c. Cek terhadap tekuk torsi lateral (SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2)

- Bentang pendek

Syarat bentang pendek: $L_b < L_p$

- Bentang menengah

Syarat bentang menengah: $L_p \leq L_b \leq L_r$

- Bentang panjang

Syarat bentang panjang: $L_b > L_r$

- d. Cek nominal geser (SNI 03-1729-2015 Pasal G2)
Kuat geser balok tergantung perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw)

- Pelat badan leleh (Plastis)

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \quad (3.20)$$

$$V_u \leq \phi V_n \rightarrow \phi = 0,9 \quad (3.21)$$

Dimana:

f_y = tegangan leleh baja.

A_w = luas badan, tinggi keseluruhan dikali tebal badan (d.tw).

C_v = koefisien geser badan.

V_n = kuat geser nominal.

- e. Kontrol kuat Tarik (SNI 03-1729-2015 Pasal D5)

- Keruntuhan Tarik dan Geser

$$P_n = F_u(2tb_e) \quad (3.22)$$

$$P_n \leq 0,6 F_u A_{sf} \quad (3.23)$$

Dimana:

P_n = kuat tekan nominal.

F_u = kuat tarik baja.

A_{sf} = luas geser pada jalur runtuh.

3. Link

a) Kuat Elemen *Link Beam*

Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen link ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.24)$$

$$V_p = 0,6 f_y (h - 2t_f) t_w \quad (3.25)$$

Dimana:

M_p = Momen plastis penampang

Z_x = Modulus plastis penampang

f_y = Tegangan leleh penampang

V_p = Gaya geser plastis penampang

h = Tinggi penampang

t_f = Tebal *flens*

t_w = Tebal web

b) Panjang Elemen *Link Beam*

Ketentuan mengenai panjang link (e) adalah sebagai berikut:

Link geser (short links):

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.26)$$

Link medium (intermediate links):

$$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.27)$$

Link lentur (long links):

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.28)$$

Dimana :

M_p = momen plastis penampang link = $Z_x \cdot f_y$

V_p = gaya geser plastis penampang (badan) link = $0,6 \cdot f_y$
($d \cdot t_f$)

Z_x = modulus plastis penampang link.

c) Sudut Rotasi *Link Beam*

Sudut rotasi link beam seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

- 0,08 radian untuk panjang *link* $e \leq 1,6M_p/V_p$
- 0,02 radian untuk panjang *link* $e \geq 2,6M_p/V_p$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link* $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$

3.2.6.3 Perencanaan sambungan

- Sambungan baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

Kuat geser:

$$R_n = F_n A_b \quad (3.29)$$

Kuat tumpu:

$$R_n = F_{nt} A_b \quad (3.30)$$

“Dari nilai diatas dipilih nilai terkecil”

Jumlah baut (n):

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} \quad (3.31)$$

Dimana:

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} , (MPa)

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

F_{nt} = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} , (MPa)

- Kontrol jarak baut

Jarak tepi minimum	= 1,5 db
Jarak tepi maksimum	= (4tp + 100 mm) atau 200 mm
Jarak minimum antar baut	= 3 db
Jarak maksimum antar baut	= 15 tp atau 200 mm
- Sambungan Las (*SNI 1729:2015 pasal J2.3.4*)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.32)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.33)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Baja

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.34)$$

Dimana :

F_{nBM} = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las, MPa

A_{BM} = luas penampang logam dasar, mm^2

A_{we} = luas efektif las, mm^2

3.2.7 Perhitungan struktur bawah

Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan

pondasi dipergunakan pondasi tiang pancang dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (Standart Penetration Test). Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung izin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

3.2.7.1 Perencanaan Tiang Pancang

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan berdasarkan hasil dari SPT. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.35)$$

Dimana:

Q_{ult} = *Ultimate pile capacity*

Q_e = *End- bearing capacity*

Q_f = *Side friction capacity*

W = Berat tiang

Pondasi tiang yang berdiri sendiri akan memikul sepenuhnya beban- beban yang bekerja padanya. Sedangkan untuk pondasi kelompok tiang tidak demikian halnya. Sehubungan dengan bidang keruntuhan di daerah ujung dari masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan conversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (3.36)$$

Dimana:

m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

Θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

D = Diameter tiang

s = jarak antara pusat ke pusat tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.37)$$

Syarat: $P_{max} < P_{ijin}$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (3.38)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.39)$$

Dimana:

n = Jumlah tiang pancang

M_x = Momen yang bekerja pada arah X

M_y = Momen yang bekerja pada arah Y

X_{max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X

Y_{max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y

Σx^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X

Σy^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang

$$2D < S < 2,5D \quad (3.40)$$

- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D < S_1 < 2D \quad (3.41)$$

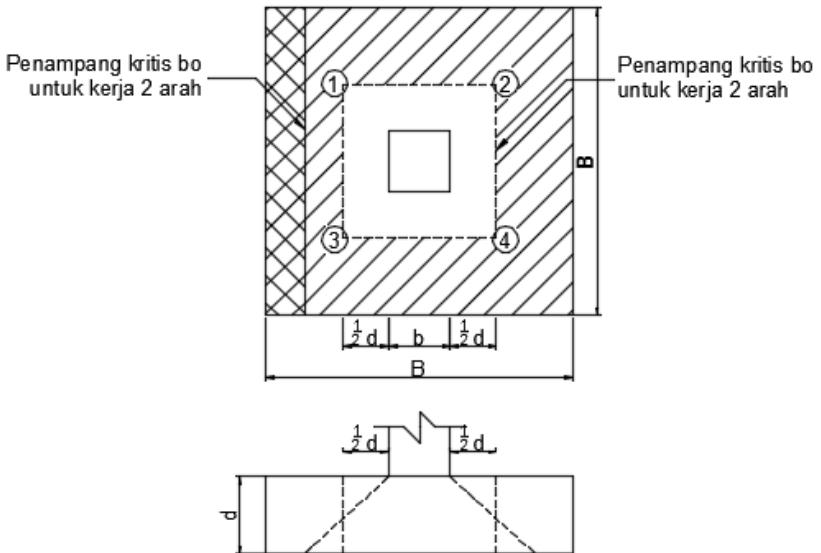
3.2.7.2 Perencanaan Poer

- Kontrol tebal minimum poer
Menurut SNI 03-2847-2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.
- Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom
Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai

kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 3.2 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.



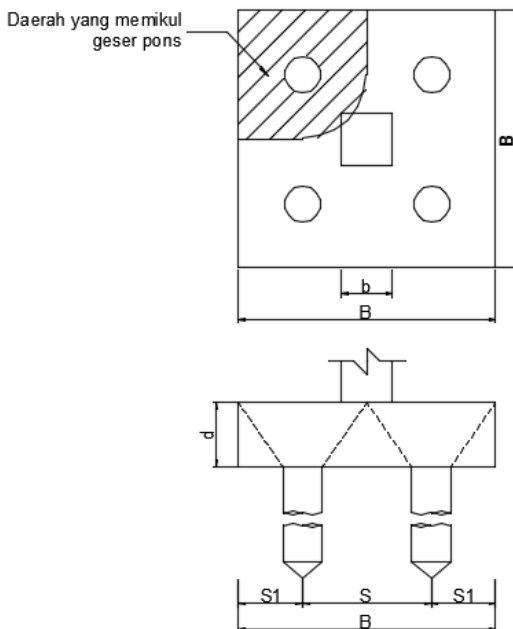
Gambar 3.2 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

- Kontrol geser
 $\phi V_n \geq V_u$

$$(3.42)$$

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2}d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.3 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.3 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

3.2.7.3 Perencanaan penulangan lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimate yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \quad (3.43)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot s \quad (3.44)$$

3.2.8 Penggambaran Teknik

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur menggunakan program Auto CAD.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

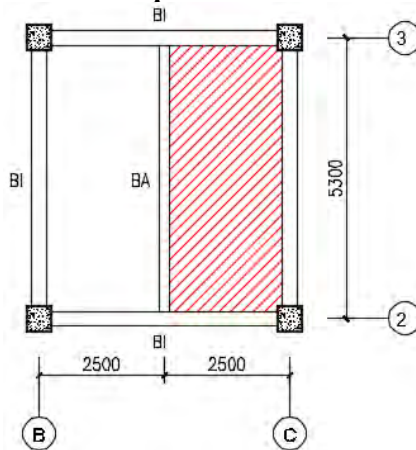
4.1 Umum

Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat *typical* untuk semua gedung.

4.2 Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat lantai pada gedung yang direncanakan, menggunakan Bondek dengan tabel perencanaan praktis dari SUPER FLOOR DECK. Struktur lantai direncanakan tanpa penyangga (*no props*) selama proses pengerasan pelat beton dengan tebal bondek 0,75 mm, mutu beton $f'c$ 25 MPa, dan mutu baja tulangan U-24.

4.2.1 Perencanaan Pelat Atap



Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap

Beban Mati :

- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing	= 30	kg/m ²
- Berat spesi t=2 cm=2x21	= 42	kg/m ² +
q_{Dtotal}	= 90	kg/m ²

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Atap 20 psf q_L = 97,64 kg/m²

Beban Berguna :

- $Q = q_D + q_L$
 $= 90 + 97,64$
 $= 187,64 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

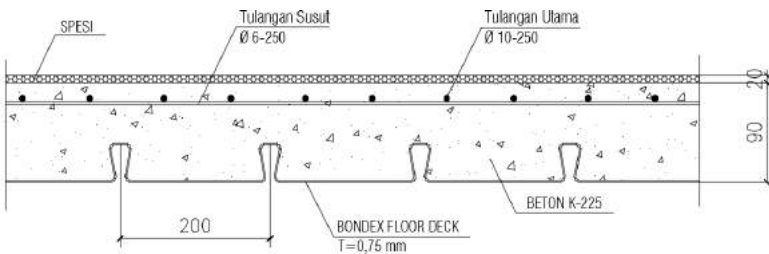
Berdasarkan tabel perancangan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang 2,5 m
- Beban berguna = 200 kg/m²
- Tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1,71 cm²/m

Digunakan tulangan Ø10 (As = 0,786 cm²)

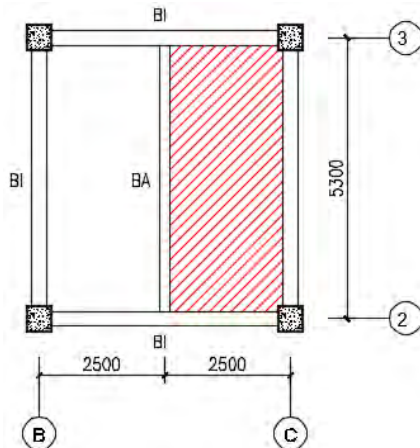
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{1,71}{0,786} = 2,18 \approx 3 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan negatif Ø10 – 250
- Dipasang tulangan susut Ø6 – 250



Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap

4.2.2 Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 4.3 Pelat Lantai Perkantoran

Beban Mati :

- Berat plafon + penggantung	11 + 7	= 18	kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing		= 30	kg/m ²
- Berat keramik t=2 cm=2x24		= 48	kg/m ²
- Berat spesi t=2 cm=2x21		= 42	kg/m ² +
q_{Dtotal}		= 138	kg/m ²

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Kantor 50 psf q_L	= 244,1	kg/m ²
------------------------------	---------	-------------------

Beban Berguna :

$$\begin{aligned}
 - Q &= q_D + q_L \\
 &= 138 + 244,1 \\
 &= 382,1 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

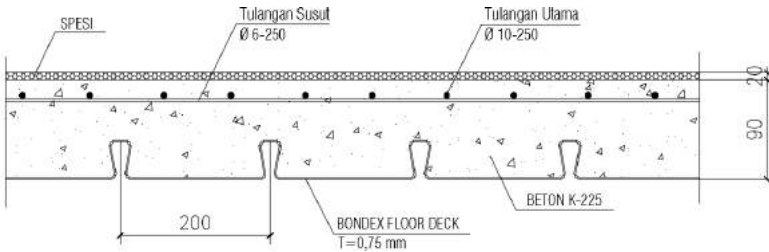
Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga, didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang 2,5 m
- Beban berguna = 400 kg/m²

- Tebal pelat 90 cm, dan tulangan negatif 2.48 cm²/m
Digunakan tulangan Ø10 ($A_s = 0,786 \text{ cm}^2$)

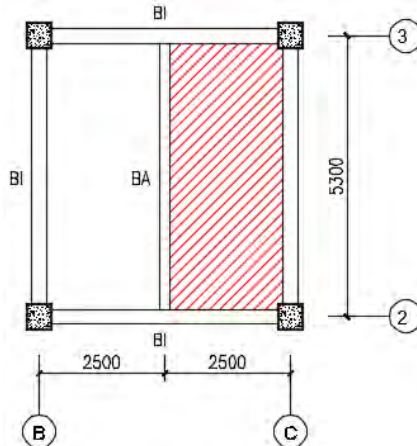
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{2.48}{0.786} = 3,16 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan negatif M10 – 250



Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai Perkantoran

4.2.3 Perencanaan Pelat Koridor



Gambar 4.5 Pelat Lantai Perkantoran

Beban Mati :

- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing	= 30	kg/m ²
- Berat keramik t=2 cm=2x24	= 48	kg/m ²
- Berat spesi t=2 cm=2x21	= 42	kg/m ² +
q_{Dtotal}	= 138	kg/m ²

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Kantor 50 psf q_L	= 488,44	kg/m ²
------------------------------	----------	-------------------

Beban Berguna :

- $Q = q_D + q_L$
 $= 138 + 488,44$
 $= 626,44 \text{ kg/m}^2 \approx 700 \text{ kg/m}^2$

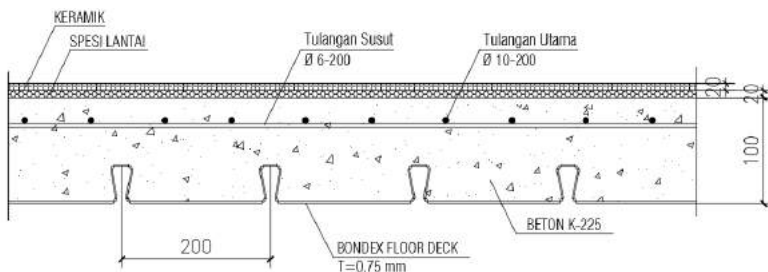
Berdasarkan tabel perancangan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga, didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang 2,5 m
- Beban berguna = 700 kg/m²
- Tebal pelat 10 cm, dan tulangan negatif 3.39 cm²/m

Digunakan tulangan Ø10 ($A_s = 0,786 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{3.39}{0.786} = 4,31 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan negatif M10 – 200



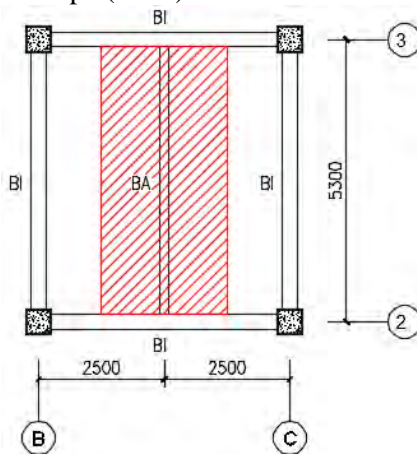
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Lantai Koridor

4.3 Perencanaan Balok Anak

4.3.1 Perencanaan Balok Anak Atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8, dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 248 \text{ mm}$	i_x	$= 10,41 \text{ cm}$
bf	$= 124 \text{ mm}$	i_y	$= 2,79 \text{ cm}$
tf	$= 8 \text{ mm}$	Z_x	$= 305 \text{ cm}^3$
tw	$= 5 \text{ mm}$	Z_y	$= 63 \text{ cm}^3$
A	$= 32,68 \text{ cm}^2$	S_x	$= 285 \text{ cm}^3$
q	$= 25,65 \text{ kg/m}$	S_y	$= 41 \text{ cm}^3$
I_x	$= 3540 \text{ cm}^4$	r	$= 12 \text{ cm}$
I_y	$= 255 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(tf+r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ41)}$		$= 208 \text{ mm}$



Gambar 4.7 Denah Balok Lantai Atap

• Beban- Beban Yang Bekerja

Beban Mati :

- Beban Plat Lantai $= 90 \text{ kg/m}^2$
- Berat Bondek $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat Beton $0,09 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 216 \text{ kg/m}^2 +$

- | | | |
|---|---|--------------------------|
| | q_{D1} | $= 316,1 \text{ kg/m}^2$ |
| | | $= 790,25 \text{ kg/m}$ |
| - Berat Profil | | $= 25,65 \text{ kg/m} +$ |
| | q_{Dtotal} | $= 815,9 \text{ kg/m}$ |
| - Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) | | |
| | $q_L = 2,5 \text{ m} \times 97,64 \text{ kg/m}^2$ | $= 244,1 \text{ kg/m}$ |
| - Beban berfaktor : | | |
| | $q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \text{ (menentukan)}$ | |
| | $= 1,2 \cdot 815,9 + 1,6 \cdot 244,1$ | $= 1369,64 \text{ kg/m}$ |
| • Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok | | |
| - Momen: | | |
| | $M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 1369,64 \cdot 5,3^2$ | |
| | $= 5368,99 \text{ kg} \cdot \text{m}$ | |
| - Gaya Geser: | | |
| | $V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 1369,64 \cdot 5,3$ | |
| | $= 3834,99 \text{ kg}$ | |

1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal SNI 1729:2015

Pasal 8.2 :

- Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x f_y \\ &= 305 \times 2500 \\ &= 762500 \text{ kg. cm} = 7625 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga $L_b = 20 \text{ cm}$.

Jarak penahan lateral (L_b) = 20 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 138,887 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$ dengan M_n :

$$M_n = M_p$$

$$M_n = 7625 \text{ kg. m}$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 7625 \text{ kg. m}$$

Kuat lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh.

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned} R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\ &= \frac{5368,99}{0,9 \cdot 7625} = 0,78 \leq 1,0 \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kuat Geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41.6 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 18600 \text{ kg}$$

$$V_u = 3834,99 \text{ kg} \leq \phi V_n = 18600 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

5. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 EI} \\ &= \frac{5 \cdot (815,9 + 244,1) \cdot 10^{-2} \cdot 530^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 3540} \\ &= 1,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{L}{\frac{360}{530}} \\ &= \frac{530}{360} \\ &= 1,56 \text{ cm} \end{aligned}$$

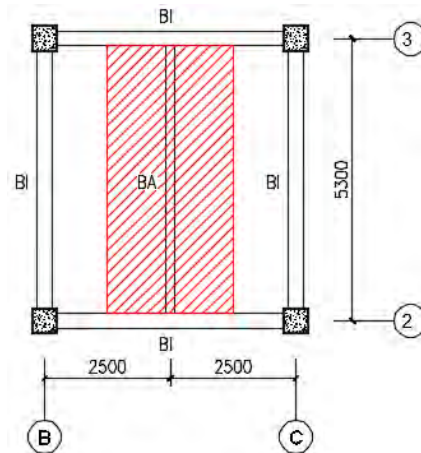
$$f_{\text{maks}} < f \rightarrow \text{Ok}$$

“Profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap”

4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai

Balok anak yang terletak pada lantai perkantoran direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 5.5 x 8, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 298 mm	ix	= 12,45 cm
bf	= 149 mm	iy	= 3,29 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 455 cm ³
tw	= 5.5 mm	Zy	= 91 cm ³
A	= 40,8 cm ²	Sx	= 424 cm ³
q	= 32,03 kg/m	Sy	= 59 cm ³
Ix	= 6320 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 442 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ41)		= 256 mm



Gambar 4.8 Denah Balok Lantai Perkantoran

Beban- Beban Yang Bekerja

Beban Mati :

- Beban Plat Lantai $= 138 \text{ kg/m}^2$
- Berat Bondek $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat Beton $0,1 \times 2400 \text{ kg/m}^3$ $= 240 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_{D1} \quad \quad \quad = 388,1 \text{ kg/m}^2$
- $q_{D1} \ 388,1 \times 2,5 \quad \quad = 850,25 \text{ kg/m}$
- Berat Profil $= 32,03 \text{ kg/m} +$
- $q_{Dtotal} \quad \quad \quad = 882,28 \text{ kg/m}$

- Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 2,5 \text{ m} \times 244,1 \text{ kg/m}^2 = 610,25 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \text{ (menentukan)} \\ &= 1,2 \cdot 882,28 + 1,6 \cdot 610,25 = 2035,136 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

- Momen:

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2035,136 \cdot 5,3^2 \\ &= 7977,733 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

- Gaya Geser:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 2035,136 \cdot 5,3 \\ &= 5698,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{5.5} = 46,54$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,31$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal SNI 1729:2015

Pasal 8.2 :

• Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x f_y \\ &= 455 \times 2500 \\ &= 1137500 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 11375 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral (L_b) = 20 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 3,29 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 163,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$ dengan $M_n : M_n = M_p$

$$M_p = 11375 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 11375 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Kuat lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh.

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned} R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\ &= \frac{7977,73}{0,9 \cdot 11375} = 0,78 \leq 1,0 \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kuat Geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{256}{5,5} = 46,54 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 29,8 \cdot 0,55 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 22126,5 \text{ kg}$$

$$V_u = 5698,38 \text{ kg} \leq \phi V_n = 22126,5 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

5. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot (882,28 + 610,25) \cdot 10^{-2} \cdot 530^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 6320} \\ &= 1,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

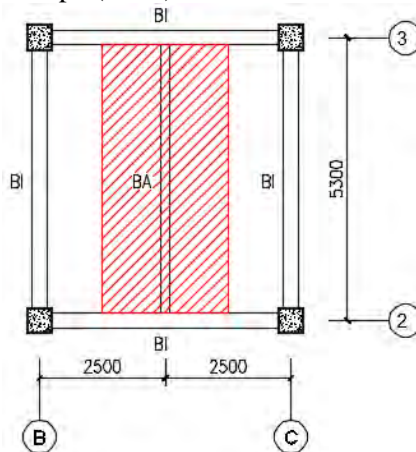
$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{L}{360} \text{ (Balok biasa)} \\ &= \frac{530}{360} \\ &= 1,56 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} < f \rightarrow \text{Ok}$$

4.3.3 Perencanaan Balok Anak Koridor

Balok anak yang terletak pada lantai perkantoran direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	ix	= 12,49 cm
bf	= 200 mm	iy	= 4,7 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 823 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 244 cm ³
A	= 72,38 cm ²	Sx	= 769 cm ³
q	= 56,82 kg/m	Sy	= 160 cm ³
Ix	= 11300 cm ⁴	r	= 18 cm
Iy	= 1600 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ41)		= 234 mm



Gambar 4.9 Denah Balok Lantai Koridor

Beban- Beban Yang Bekerja

Beban Mati :

- Beban Plat Lantai	= 138	kg/m ²
- Berat Bondek	= 10,1	kg/m ²
- Berat Beton 0,1 x 2400 kg/m ³	= 240	kg/m ² +
q_{D1}	= 388.1	kg/m ²

- Berat Profil

$q_{D1} \ 388,1 \times 2,5$	$= 850,25 \text{ kg/m}$
	$= \underline{56,82 \text{ kg/m}}$
q_{Dtotal}	$= 1027,07 \text{ kg/m}$
- Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$q_L = 2,5 \text{ m} \times 488,44 \text{ kg/m}^2$	$= 1221,102 \text{ kg/m}$
--	---------------------------
- Beban berfaktor :

$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \text{ (menentukan)}$	
$= 1,2 \cdot 1027,07 + 1,6 \cdot 1221,102$	$= 3186,248 \text{ kg/m}$
- Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok
 - Momen:

$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3186,248 \cdot 5,3^2$
$= 11187,71 \text{ kg} \cdot \text{m}$
 - Gaya Geser:

$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3186,248 \cdot 5,3$
$= 8443,55 \text{ kg}$

1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 46,54$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal SNI 1729:2015 Pasal 8.2 :

- Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 2057500 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 20575 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral : Jarak penahan lateral (L_b) = 20 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 4,7 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 233,967 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$
dengan $M_n : M_n = M_p$

$$M_p = 20575 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Kuat lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh.

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned} R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\ &= \frac{11187,71}{0,9 \cdot 20575} = 0,604 \leq 1,0 \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kuat Geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{234}{8} = 29,25 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 29,4 \cdot 0,8 \cdot 1$$

$$\emptyset V_n = 31752 \text{ kg}$$

$$V_u = 8443,55 \text{ kg} \leq \emptyset V_n = 31752 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

5. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot (1027,07 + 1221,1) \cdot 10^{-2} \cdot 530^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11300} \\ &= 1,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{L}{\frac{360}{530}} \text{ (Balok biasa)} \\ &= \frac{530}{360} \\ &= 1,56 \text{ cm} \end{aligned}$$

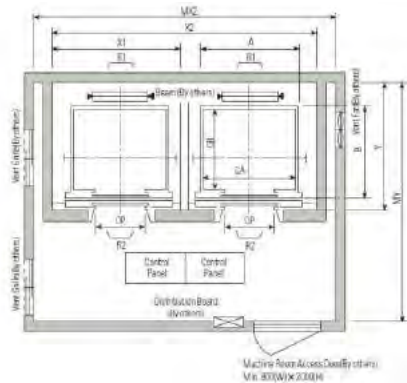
$$f_{\text{maks}} < f \rightarrow \text{Ok}$$

“ Profil WF300 x 150 x 8 x 5,5 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai perkantoran”

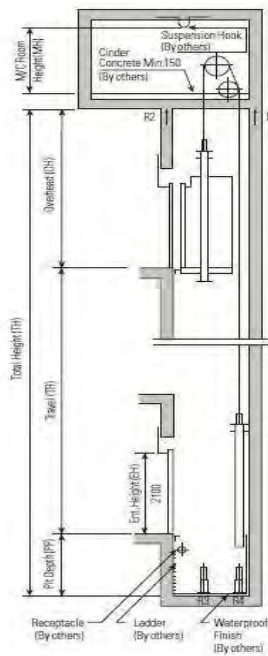
4.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok *lift* meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 15 Orang /1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur
(*hoistway inside*) 2 Car : 4200 x 2130 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1600 x 1500 mm²
 - Eksternal : 1660 x 1655 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4400 x 3850 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 - R₁ = 5450 kg
 - R₂ = 4300 kg



Gambar 4.10 Denah Lift



Gambar 4.11 Potongan Melintang Lift

Balok *lift* direncanakan menggunakan profil WF 400 × 300 × 10 × 16 (BJ 41) dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W & = 107 \text{ kg/m} & b_f = 300 \text{ mm} \quad h_w = 390 - 2(16 + 22) \\
 A & = 136 \text{ cm}^2 & r = 22 \text{ mm} \quad = 314 \text{ mm} \\
 t_w & = 10 \text{ mm} & Z_x = 2116 \text{ cm}^3 \quad i_y = 7.28 \text{ cm} \\
 t_f & = 16 \text{ mm} & I_x = 38700 \text{ cm}^4 \\
 d & = 390 \text{ mm} & I_y = 7210 \text{ cm}^4
 \end{array}$$

a. Pembebanan pada balok penumpu lift

- Beban mati

$$\begin{array}{ll}
 \text{Berat profil balok penggantung lift} & = 107 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = \underline{10.7 \text{ kg/m}} + \\
 q_D & = 117.7 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

- Beban merata ultimate

$$\begin{array}{l}
 q_U = 1.4 q_D \\
 = 1.4 (117.7) = 164.78 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

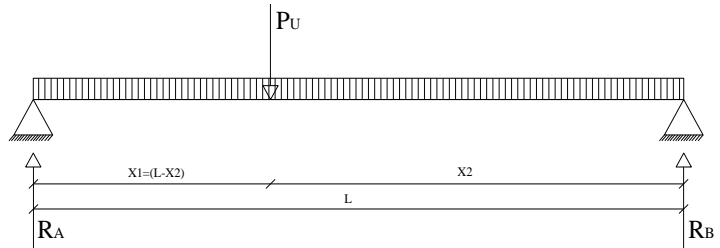
- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$R_A = R_1. \text{ KLL} = 5450 \times (1 + 50\%) = 10900 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2. \text{ KLL} = 4300 \times (1 + 50\%) = 8600 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu *lift*



Gambar 4.12 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - P_u \cdot X_2 = 0$$

$$10900 \cdot 2,4 = P_u \cdot X_2$$

$$P_u = \frac{26160}{X_2} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot L + P_u \cdot (L - X_2) = 0$$

$$-8600 \cdot 2,4 + \frac{26160}{X_2} (2,4 - X_2) = 0$$

$$-20640 + \frac{62784}{X_2} - 26160 = 0$$

$$\frac{62784}{X_2} = 46800$$

$$X_2 = 1,34 \text{ m}$$

$$X_1 = L - X_2$$

$$= 2,4 \text{ m} - 1,34 \text{ m}$$

$$= 1,06 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{26160}{X_2}$$

$$= \frac{26160}{1,34}$$

$$= 19500 \text{ kg}$$

- Momen Maksimum

$$M_u = \frac{P_u \cdot X_1 \cdot X_2}{L} + \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= \frac{19500 \cdot 1,06 \cdot 1,34}{2,4} + \frac{1}{8} \cdot 164,78 \cdot 2,4^2$$

$$= 11655,87 \text{ kg.m}$$

- Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_u &= R_A + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\ &= 10900 + \frac{1}{2} \cdot 164,78 \cdot 2,4 \\ &= 11097,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{314}{10} = 31,4$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 16} = 9,38$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116 = 5290000 \text{ kgcm} \\ &= 52900 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

($L_b = 240 \text{ cm}$).

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 7,28 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 362,40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116 = 5290000 \text{ kgcm}$
 $= 52900 \text{ kgm}$
- Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 52900$
 $= 47610 \text{ kgm} > 11655,87 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$
- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser
 $V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$
 $\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$
 $\frac{314}{10} = 31,4 < 260 \rightarrow K_v = 5$
 $1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Geser plastis}$
 $V_u \leq \phi V_n$
 $\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$
 $\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 39 \cdot 1 \cdot 1$
 $\phi V_n = 52650 \text{ kg}$
 $V_u = 11097,74 \text{ kg} \leq \phi V_n = 52650 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$
- e. Kontrol lendutan
 $L = 240 \text{ cm}$
 $f_{ijin} = \frac{L}{360}$
 $= \frac{240}{360}$
 $= 0,667 \text{ cm}$
 $f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} + \frac{P_u \cdot X_1 \cdot (L^2 - X_1^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}LEI}$
 $= \frac{5 \cdot (164,78) \cdot 10^{-2} \cdot 240^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 38700} + \frac{19500 \cdot 106 \cdot (240^2 - 106)^{3/2}}{9\sqrt{3} \cdot 240 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 38700}$
 $= 0,089 \text{ cm}$
 $f_{ijin} \geq f \dots \text{OK}$

4.5 Perencanaan Tangga

Pada gedung perkantoran ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

4.5.1 Perencanaan Tangga

- Tinggi antar lantai = 480 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Tinggi Bordes = 240 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :
 Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^\circ < a < 40^\circ$
 Dimana :
 t = tinggi injakan (cm)
 i = lebar injakan (cm)
 a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga

Tinggi injakan (t) = 17 cm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(480/2)}{17} = 14.12 \text{ buah} \simeq 15 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 15 - 1 = 14 \text{ buah}$$

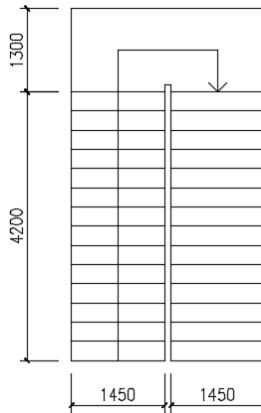
$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (64) < 65 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

$$\text{Lebar bordes} = 130 \text{ cm}$$

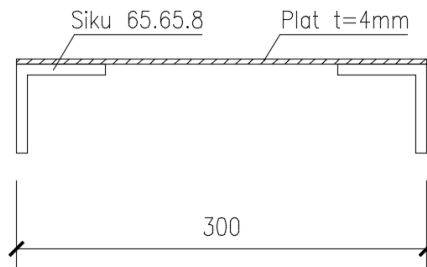
$$\text{Lebar tangga} = 145 \text{ cm}$$

$$a = \arctan \left(\frac{480/2}{420} \right) = 29,74^\circ$$



Gambar 4.13 Denah Tangga

a. Perencanaan tebal pelat anak tangga



Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga

Tebal pelat tangga = 4 mm
 Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 Mutu baja BJ 41 → $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0.004 \times 1.45 \times 7850 &= 45,53 \text{ kg/m} \\
 \text{Alat penyambung (10\%)} &&= 4,553 \text{ kg/m} \\
 q_D &= 50,083 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,4 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 4,79 \times 1,45 = 6,9455 \text{ kN/m} = 708,24 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 50,083 \times 0,30^2 = 0,56 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 708,24 \times 0,30^2 = 7,97 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/4 P_L l^2 = 1/4 \times 135,6 \times 0,30 = 10,17 \text{ kg.m} \quad (\text{menentukan})$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,56 = 0,79 \text{ kgm}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 0,56 + 1,6 \times 10,17 \\ = 16,95 \text{ kg.m} \quad (\text{menentukan})$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 b h^2 = 1/4 \times 145 \times 0,40^2 = 5,8 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n = \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 5,8 \times 2500 = 13050 \text{ kg.cm} \\ = 130,5 \text{ kg.m}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

$$130,5 \text{ kg.m} > 16,95 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,4^3 = 0,77 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{(q_d l + q_l l)}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x} \\ = \frac{5((50,083 + 708,24)/100) \cdot 30^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,77} = 0,052$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,052 < 0,083 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

b. Perencanaan pengaku anak tangga

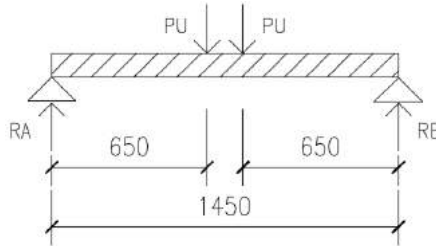
Direncanakan menggunakan profil siku $65 \times 65 \times 8$ dengan data sebagai berikut :

$$b = 65 \text{ mm} \quad I_x = 36,8 \text{ cm}^4 \quad i_y = 2,44 \text{ cm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad I_y = 36,8 \text{ cm}^4 \quad i_x = 2,44 \text{ cm}$$

$$W = 7,66 \text{ kg/m} \quad A = 9,761 \text{ cm}^2$$

Perencanaan pembebanan



Gambar 4.15 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = 0,15 \times 0,004 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 65 \times 65 \times 8 = 7,66 \text{ kg/m}$$

$$= 12,37 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 1,237 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 13,607 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 488,4 \times 0,15 = 73,26 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 135,6 \text{ kg}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 \times q_D \times L^2$$

$$= 1/8 \times 13,607 \times 1,45^2 = 3,58 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata}$$

$$= 1/8 \times 73,26 \times 1,45^2 = 19,26 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/3 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat}$$

$$= 1/3 \times 135,6 \times 1,45 = 65,55 \text{ kg.m (menentukan)}$$

$$V_u = 1,2(1/2 \times q_D \times L) + 1,6(1/2 \times P \times 2)$$

$$= 1,2 \left(\frac{1}{2} \times 13,607 \times 1,2 \right) + 1,6 \left(\frac{1}{2} \times 135,6 \times 2 \right)$$

$$= 169,16 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 3,58 + 1,6 \times 65,55 = 109,17 \text{ kg.m}$$

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{bf}{tf} = \frac{65}{8} = 8,13$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,7$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Profil Sayap Kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$Z_x = (tf \times d) \frac{1}{2} d + (tf(b-tf)) \frac{1}{2} tw$$

$$= (0,8 \times 6,5) \frac{1}{2} \cdot 6,5 + (0,8(6,5-0,8)) \frac{1}{2} \cdot 0,8$$

$$= 18,724 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n = \phi Z_x \times f_y$$

$$= 0,9 \times 18,724 \times 2500$$

$$= 42129 \text{ kg.cm}$$

$$= 421,29 \text{ kg.m}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

$$421,29 \text{ kg.m} > 109,17 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t} = \frac{(65 - 8)}{8} = 7,125 ;$$

$$- 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{b_f}{t_f} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 7,125 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (6,5 \times 0,8) \times 1,00 = 7800 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_n &\geq V_u \\
 \emptyset V_n &= 0,9 \times 7800 \\
 &= 7020 \text{ kg} > 169,16 \text{ kg} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

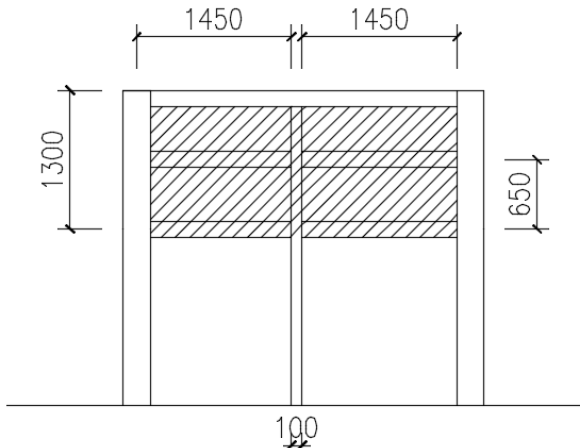
$$L = 145 \text{ cm}$$

$$f_{maks} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x} + \frac{P \times a}{24EI_x} (3L^2 - 4a^2) \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,136 \times 145^4}{2 \times 10^6 \times 36,8} + \frac{135,6 \times 65}{24 \times 2 \times 10^6 \times 36,8} (3 \times 145^2 - 4 \times 65^2) \\
 &= 0,24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f < f_{maks} \rightarrow 0,24 \text{ cm} < 0,6 \text{ cm (OK)}$$

4.5.2 Bordes



Gambar 4.16 Denah Bordes

a. Pelat bordes

$$\text{Tebal pelat bordes} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Berat jenis baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mutu baja BJ 41} \rightarrow f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$$

Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat pelat} & = 0,007 \times 1,45 \times 7850 & = 79,68 \text{ kg/m} \\
 \text{Alat penyambung (10\%)} & & = 7,97 \text{ kg/m} + \\
 q_D & & \hline
 & & = 87,65 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Beban hidup

$$q_L = 488,4 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m} = 708,24 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$\begin{aligned}
 M_D &= 1/8 \times q_D \times l^2 \\
 &= 1/8 \times 87,65 \times (0,65)^2 \\
 &= 4,63 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= 1/8 \times q_L \times l^2 \\
 &= 1/8 \times 708,24 \times (0,65)^2 \\
 &= 37,4 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan M_U

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 \times 4,63 + 1,6 \times 37,40 \\
 &= 65,740 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned}
 Z_x &= 1/4 b h^2 = 1/4 \times 145 \times 0,7^2 \\
 &= 17,76 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \times f_y \\
 &= 17,76 \times 2500 \\
 &= 44406,25 \text{ kg.cm} \\
 &= 444,06 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 444,06 \\
 &= 399,66 \text{ kg.m} \geq 56,40 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 65 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{65}{240} = 0,27 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,7^3 = 4,14 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{5 \left(\frac{(q_{dl} + q_{ll})}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x}$$

$$= \frac{5((87,65 + 708,24)/100) \cdot 65^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2,03} = 0,223 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,223 \text{ cm} < 0,271 \text{ cm}$$

b. Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 × 50 × 5 × 7

d = 100 mm	t _f = 7 mm	r = 8 mm
b = 50 mm	Z _x = 42 cm ³	I _x = 187 cm ⁴
t _w = 5 mm	W = 9.3 kg/m	h = 70 mm

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

Berat pelat = 0,007 x 0,65 x 7850 = 35,72 kg/m

Berat profil = 9,30 kg/m +
= 45,02 kg/m

Berat sambungan dan lain-lain 10% = 4,50 kg/m +
q_D = 49,52 kg/m

Beban hidup

Total beban hidup (q_L) = 0,65 × 488,4 = 317,49 kg/m

V_D = ½ . q_D . L
= ½ × 49,52 × 1,45
= 35,90 kg

M_D = 1/8 . q_D . L²
= 1/8 × 49,52 × (1,45)²
= 13,01 kg.m

V_L = ½ × q_L × L

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times 317,49 \times 1,45 \\
 &= 230,18 \text{ kg} \\
 M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 317,49 \times (1,45)^2 \\
 &= 83,44 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}
 V_U &= 1.2V_D + 1.6V_L \\
 &= 1.2 (35,90) + 1.6 (230,18) \\
 &= 411,37 \text{ kg} \\
 M_U &= 1.2 M_D + 1.6 M_L \\
 &= 1.2 (13,01) + 1.6 (83,44) \\
 &= 149,12 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 42 \cdot 2500$$

$$= 105000 \text{ kg.cm}$$

$$= 1050 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 1050 \\ &= 945 \text{ kg.m} \geq 149,12 \text{ kg.m} \dots \text{OK} !\end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{70}{5} = 14 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 6750 \text{ kg}$$

- $V_u = 411,37 \text{ kg} \leq \phi V_n = 6750 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$

- Kontrol lendutan

$$L = 195 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{145}{360} = 0,4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}f &= \frac{5 \left(\frac{(q_d l + q_l l)}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x} \\ &= \frac{5 \left(\frac{(49,52 + 317,49)}{100} \right) \cdot 145^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 187} \\ &= 0,21 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,06 \text{ cm} < 0,4 \text{ cm}$$

4.5.3 Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama

direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	Sx	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm ³
Ix	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm

- Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,004 \times (1,45 \times 0,5) \times 7850 = 22,77 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku } 7,66 \times 1,45 \times (3,33/1\text{m}) = 36,98 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil balok } 25,7/\cos(29,74) &= 29,60 \text{ kg/m} + \\ &= 89,35 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat alat penyambung } 10\% &= 8,93 \text{ kg/m} + \\ q_{D1} &= 98,28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 488,4 \times 0,725$$

$$= 354,09 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 98,28 + 1,6 \times 354,09$$

$$= 684,48 \text{ kg/m}$$

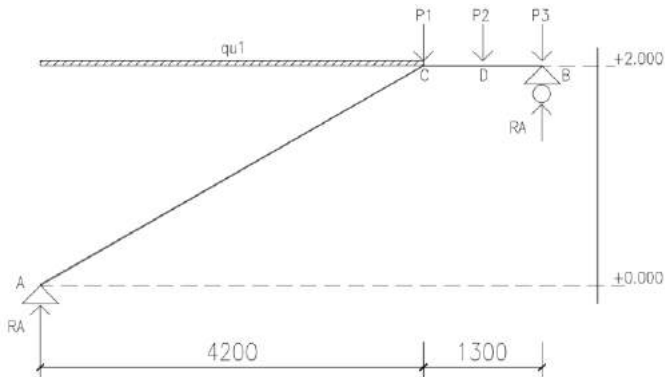
- Perencanaan Pembebanan Dan Gaya Dalam Bordes

Beban terpusat akibat balok bordes

$$P1 = P3 = 411,37/2$$

$$= 205,68 \text{ kg}$$

$$P1 = 411,37 \text{ kg}$$



Gambar 4.17 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_B \cdot 5,5 + P_1 \cdot 4,2 + P_2 \cdot 4,85 + P_3 \cdot 5,5 + qu_1 \cdot 4,2 \cdot 2,1 = 0$$

$$R_B = \frac{205,68 \times 4,2 + 411,37 \times 4,85 + 205,68 \times 5,5 + 684,48 \times 4,2 \times 2,1}{5,5}$$

$$= 1956,3 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \cdot 5,5 - P_1 \cdot 1,3 - P_2 \cdot 0,65 - qu_1 \cdot 4,2 \cdot 3,4 = 0$$

$$R_A = \frac{205,68 \times 1,3 + 411,37 \times 0,65 + 684,48 \times 4,2 \times 3,4}{5,5}$$

$$= 2029,02,41 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = 0$$

$$= R_A + R_B - qu_1 \cdot 4,2 - 2 \cdot P$$

$$= 2029,02,41 + 1956,3 - 684,48 \cdot 4,2 - 2 \cdot 411,37$$

$$= 0$$

Bidang M

- A – C :

$$\begin{aligned} M_x &= R_A \cdot x - \frac{1}{2} qu_1 \cdot x^2 \\ &= 2029,02 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 684,48 \cdot x^2 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 4,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= 2029,02 \cdot 4,2 - \frac{1}{2} \cdot 684,48 \cdot 4,2^2 \\
 &= 1978,16 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{dx} = 0$

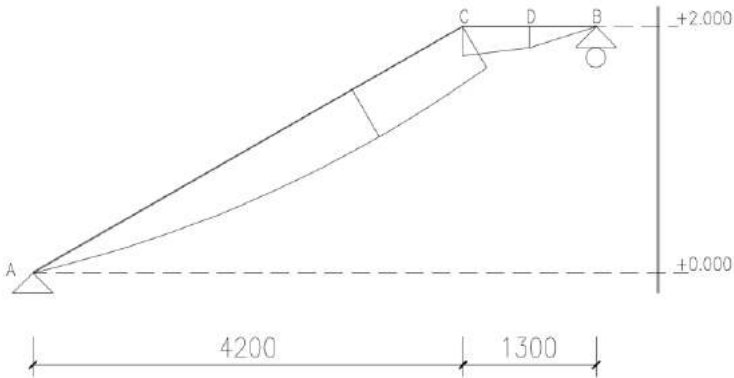
$$\frac{dM_x}{dx} = 2029,02 - 684,48 \cdot x = 0$$

$$x = 2,73 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 2029,02 \cdot 2,73 - \frac{1}{2} \cdot 684,48 \cdot 2,73^2 \\
 &= 2774,51 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

• B - D :

$$\begin{aligned}
 M_D &= R_B \cdot 0,65 - P_3 \cdot 0,65 \\
 &= 1956,30 \cdot 0,65 - 205,68 \cdot 0,65 \\
 &= 1129,24 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.18 Bidang Momen Balok Utama Tangga

Bidang D

• A - C:

$$\begin{aligned}
 D_x &= R_A \cdot \cos(29,74^\circ) - q_{ul} \cdot x \cdot \cos(29,74^\circ) \\
 &= 2029,02 \cdot \cos(29,74^\circ) - 684,48 \cdot x \cdot \cos(29,74^\circ)
 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_{Aka} &= 2029,02 \cdot \cos(29,74^\circ) - 684,48 \cdot x \cdot \cos(29,74^\circ) \\
 &= 1761,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$x = 4,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{Cki} &= 2029,02 \cdot \cos(29,74^\circ) - 684,48 \cdot x \cdot \cos(29,74^\circ) \\ &= -943,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

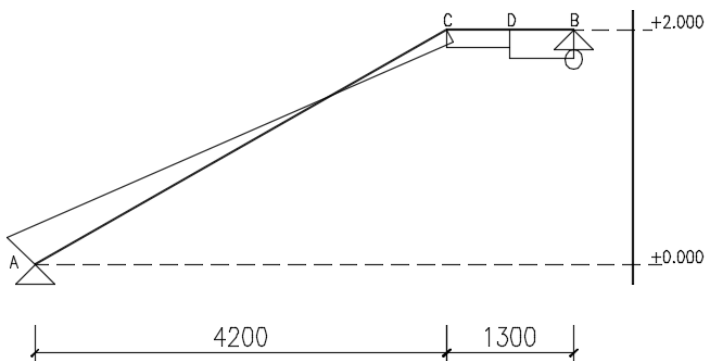
- B - D :

$$\begin{aligned} D_B &= -R_B + P_3 \\ &= -1956,3 + 205,68 \\ &= -1750,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_D &= -R_B + P_3 + P_2 \\ &= -1956,3 + 205,68 + 411,37 \\ &= -1339,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

- D - C :

$$\begin{aligned} D_D &= -R_B + P_3 + P_2 \\ &= -1956,3 + 205,68 + 411,37 \\ &= -1339,25 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.19 Gaya Lintang Balok Utama Tangga

Bidang N

- A - C :

$$\begin{aligned} N_X &= -R_A \cdot \sin(29,74^\circ) + q_{ul} \cdot x \cdot \sin(29,74^\circ) \\ &= -2029,02 \cdot \sin(31,22^\circ) + 684,48 \cdot x \cdot \sin(31,22^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

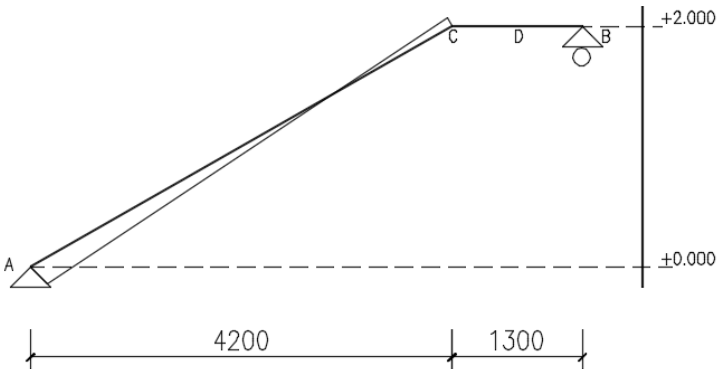
$$\begin{aligned} N_{Aka} &= -2029,02 \cdot \sin(31,22^\circ) + 684,48 \cdot 0 \cdot \sin(31,22^\circ) \\ &= -1006,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 4.2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{Cki} &= -2029,02 \cdot \sin(31,22^\circ) + 684,48 \cdot 4,2 \cdot \sin(31,22^\circ) \\ &= 539,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

• C – B :

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.20 Gaya Normal Balok Utama Tangga

- Kontrol penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 2774,51 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 17^2} = 34,48 \text{ cm (Pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1.76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 138,89 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek, maka } M_n = M_p$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 2774,51 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 1750,62 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{420^2 + 240^2} = 483,74 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,70 \cdot 483,74}{2,79}\right)^2} = 1341,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{F_e} = \frac{2500}{1341,15} = 1,86 \leq 2,25$$

karena $\frac{f_y}{F_e} = 1,86 \leq 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,658^{\frac{f_y}{F_e}} \right] f_y \\ &= [0,658^{1,86}] 2500 \\ &= 1145,77 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \cdot F_{cr} \\ &= 32,68 \cdot 1145,77 \\ &= 37443,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \phi P_n \\ &= 0,9 \cdot 37443,88 \\ &= 33699,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

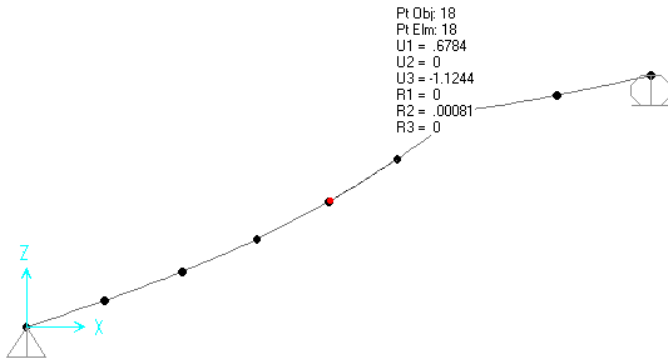
$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} &= \frac{1006,67}{33699,49} = 0,03 < 0,2 \text{ (Persamaan interaksi 2)} \\ &= \frac{1006,67}{2 \times 33699,49} + \left(\frac{2774,51}{6862,5} + 0 \right) \\ &= 0,42 \leq 1,0 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

Kontrol lendutan

$$f_{maks} = \frac{L}{240} = \frac{483,74}{240} = 2,02 \text{ cm}$$

$$f = 1,12 \text{ cm}$$

$$f < f_{maks} \rightarrow 1,12 \text{ cm} < 1,61 \text{ cm (Ok)}$$



Gambar 4.21 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

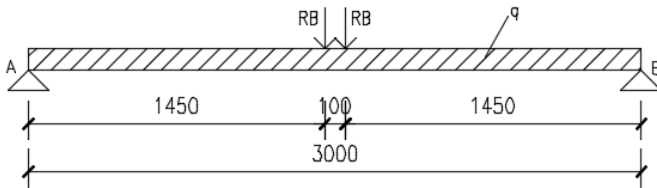
4.5.4 Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 248 mm	i_x	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	i_y	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Z_x	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Z_y	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	S_x	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	S_y	= 41,1 cm ³
I_x	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
I_y	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm
h_o	= 240 mm		

- **Pembebanan**

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R_b) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_b = 2208,80 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban dinding } 2.4 \times 250 = \frac{500}{\text{kg/m} +}$$

$$= 625,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan } 10\% = \frac{56,57}{\text{kg/m} +}$$

$$= 688,27 \text{ kg/m}$$

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{vB} \cdot 3 + R_a \cdot 1,55 + R_b \cdot 1,45 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3^2 = 0$$

$$R_{vB} = \frac{1956,3 \cdot 1,55 + 1956,3 \cdot 1,45 + \frac{1}{2} \cdot 688,27 \cdot 3^2}{3}$$

$$= 2988,7 \text{ kg}$$

$$R_{vA} = 2988,7 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{vA} \times 1,5 - R_b \times 0,05 - \frac{1}{2} \times q \times 1,5^2 \\ &= 2988,7 \times 2 - 1956,3 \times 0,05 - \frac{1}{2} \times 688,27 \times 1,5^2 \\ &= 5355,16 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = -R_{vB} = -2988,7 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

- $\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 5355,17 \text{ kg.m (Ok)}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 145 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 138,89 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$C_w = \frac{1}{4} I_y h_0^2 = \frac{1}{4} \cdot 255 \cdot 24^2 = 36720 \text{ cm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{255 \cdot 36720}}{285} \rightarrow r_{ts} = 3,28 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \rightarrow b = d - 2 t_f$$

$$J = \frac{1}{3} \cdot 23,2 \cdot 0,5^3 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 12,4 \cdot 0,8^3 = 5,20 \text{ cm}^4$$

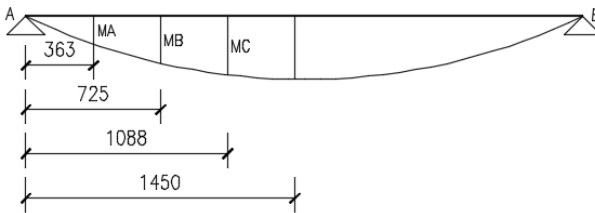
$$c = 1,0$$

$$L_r = 1,95 \cdot 3,28 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \cdot 2500} \sqrt{\frac{5,20 \times 1}{285 \cdot 24} + \sqrt{\left(\frac{5,20 \cdot 1}{285 \cdot 24}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 651,21 \text{ cm}$$

Kondisi Blok inelastis termasuk dalam bentang menengah $L_p \leq L_b \leq L_r$ dengan M_n :

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 S_x f_y) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4.23 Posisi M_A , M_B , M_C Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned} M_A &= R_{vA} \times 0,363 - \frac{1}{2} \times q \times 0,363^2 \\ &= 2988,7 \times 0,363 - \frac{1}{2} \times 688,27 \times 0,363^2 \\ &= 1038,18 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_{vA} \times 0,725 - \frac{1}{2} \times q \times 0,725^2 \\ &= 2988,7 \times 0,725 - \frac{1}{2} \times 688,27 \times 0,725^2 \\ &= 1985,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= R_{vA} \times 1,088 - \frac{1}{2} \times q \times 1,088^2 \\ &= 2988,7 \times 1,088 - \frac{1}{2} \times 688,27 \times 1,088^2 \\ &= 2843,22 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{vA} \times 1,45 - \frac{1}{2} \times q \times 1,45^2 \\ &= 2988,7 \times 1,45 - \frac{1}{2} \times 688,27 \times 1,45^2 \\ &= 3610,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 3610,07}{2,5 \cdot 3610,07 + 3 \cdot 1038,18 + 4 \cdot 1985,92 + 3 \cdot 2843,22} \leq 2,27$$

$$= 1,58 \leq 2,27 \rightarrow \text{Oke}$$

$$M_n = 1,58 \left[762500 - (762500 - 0,7 \cdot 285 \cdot 2500) \frac{145 - 138,89}{651,21 - 138,89} \right]$$

$$M_n = 1197581,6 \text{ kg. cm} = 11975,82 \text{ kg. m} > M_p$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 7625 \text{ kg. m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 5598,84 \text{ kg.m (Ok)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 2988,7 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

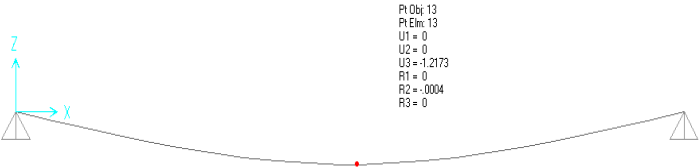
- Kontrol lendutan

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240} = 1,25 \text{ cm}$$

$$f = 1,22 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 1,22 \text{ cm} < 1,25 \text{ cm (Ok)}$$



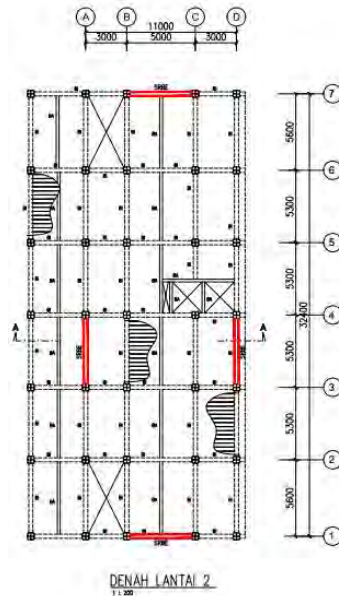
Gambar 4.24 Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga

BAB V

PEMODELAN STRUKTUR

5.1 Penjelasan Umum

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem rangka bresing eksentrik (SRBE). Struktur rangka bresing eksentrik berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan apartemen yang terdiri dari 16 lantai dengan total tinggi struktur 58.1 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Ibis Budget dan Perkantoran

Pada gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Bresing yang dipergunakan pada tugas akhir ini adalah tipe bresing eksentrik dengan konfigurasi *inverted v*. Permodelan struktur Hotel IBIS Budged dan Perkantoran dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v14. Pada program SAP 2000 v14, struktur hotel akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa) dan SNI-1729-2015 (Baja).

5.2 Pemodelan Struktur

5.2.1 Data masukan material

Data masukkan material dalam permodelan SAP 2000v14 adalah data material elemen struktur baja dan beton. Pendefinisian data masukkan material dapat dilihat pada Gambar 5.2

The image displays two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in SAP 2000v14. The left window is for material 'BJ41' (Steel) and the right window is for material 'C30/35' (Concrete).

Left Window (Steel - BJ41):

- General Data:** Material Name and Display Color: BJ41; Material Type: Steel; Material Notes: (empty).
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 7.850E-05; Mass per Unit Volume: 7.850E-05; Units: N, mm, C.
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 1.98947E8; Poisson's Ratio, ν : 0.3; Coefficient of Thermal Expansion, α : 1.170E-05; Shear Modulus, G: 7.690E-07.
- Other Properties for Steel Materials:** Minimum Yield Stress, F_y : 250; Minimum Tensile Stress, F_u : 410; Effective Yield Stress, F_{ye} : 375; Effective Tensile Stress, F_{te} : 410.
- Buttons: Switch To Advanced Property Display, OK, Cancel.

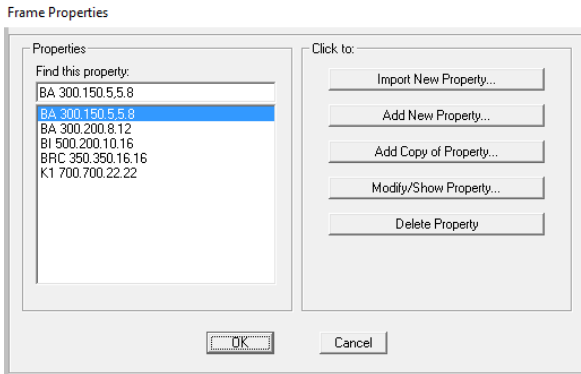
Right Window (Concrete - C30/35):

- General Data:** Material Name and Display Color: C30/35; Material Type: Concrete; Material Notes: (empty).
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 2.4E-05; Mass per Unit Volume: 2.4E-05; Units: N, mm, C.
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 23000; Poisson's Ratio, ν : 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, α : 9.800E-06; Shear Modulus, G: 9.791E-06.
- Other Properties for Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, f_c : 25; Lightweight Concrete: (unchecked); Shear Strength Reduction Factor: (empty).
- Buttons: Switch To Advanced Property Display, OK, Cancel.

Gambar 5.2 Input Form Material pada SAP 2000v14

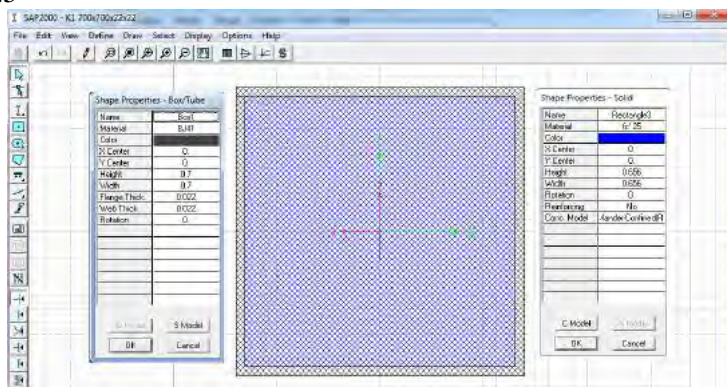
5.2.2 Data masukan elemen struktur

Data masukan elemen struktur dalam permodelan SAP 2000v14 adalah data elemen struktur dari kolom, balok, dan bresing. Pendefinisian data masukan elemen struktur dapat dilihat pada Gambar 5.3

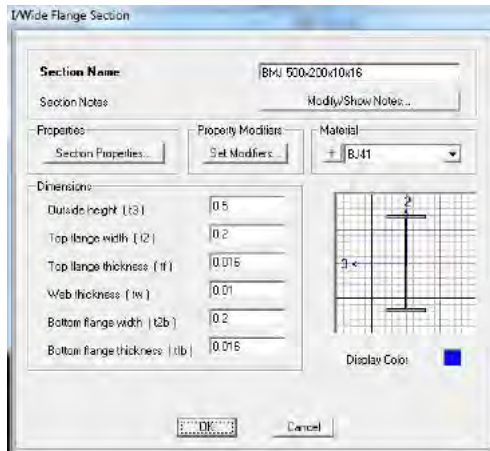


Gambar 5.3 Input Form Elemen Struktur pada SAP 2000v14

Data masukan elemen struktur kolom komposit CFT (Concrete Filled Tube) dalam permodelan SAP 2000v14 adalah dengan menggunakan option section designer dengan hasil output dilihat pada Gambar 5.4 dan elemen struktur balok pada Gambar 5.5



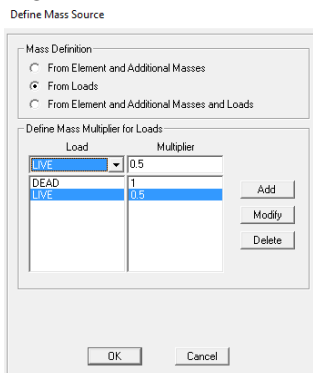
Gambar 5.4 Pemodelan Kolom CFT dalam SAP2000v14



Gambar 5.5 Pemodelan Balok Menggunakan Profil WF dalam SAP2000v14

5.2.3 Besaran massa

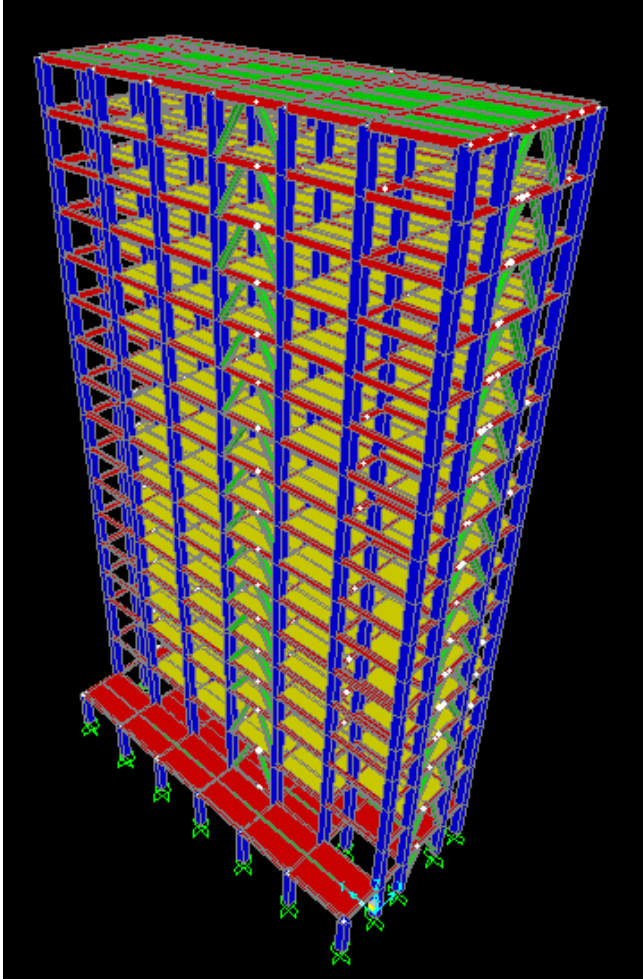
Besaran massa elemen struktur (mass source) adalah massa struktur pada SAP 2000v14 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal. Dalam peninjauan pembebanan gempa massa total struktur terdiri dari berat sendiri struktur dan beban hidup yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5.



Gambar 5.6 Input Form Mass Source pada SAP 2000v14.

5.2.4 Pemodelan struktur 3 dimensi

Berikut adalah pemodelan struktur 3 dimensi yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 v14 :



Gambar 5.7 Model 3 Dimensi Struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran

5.3. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada SNI-1727-2013 (Pembebanan) dengan rincian sebagai berikut :

1. Beban mati (*dead load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3 .
- Beban dinding bata ringan sebesar 100 kg/m^2
- Beban spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 10 kg/m^2 .
- Beban plafon dan penggantung sebesar 18 kg/m^2 .
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

2. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| a. Lantai atap | = 97.64 kg/m^2 |
| b. Lantai hotel & perkantoran | = 244.1 kg/m^2 |
| c. Lantai koridor | = 488.4 kg/m^2 |

3. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari website dinas Pekerjaan Umum dengan lokasi input berada di Surabaya.

5.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran ini mempunyai jumlah lantai 16 tingkat dengan ketinggian 58.1 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

5.4.1 Penentuan klasifikasi situs

Penentuan jenis tanah untuk peninjauan gempa adalah data tanah pada lapisan setebal maksimum 30 m paling atas sesuai SNI 1726 2012.

Data tanah N-SPT yang berada pada lampiran dapat dirangkum berdasarkan kedalaman per-3 m seperti yang terdapat pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT

Dept (m)	N Value	d_i	d_i/N_i
0	0	0	0
3	5	3	0.6
6	4	3	0.75
9	1	3	3
12	2	3	1.5
15	3	3	1
18	5	3	0.6
21	4	3	0.75
24	10	3	0.3
27	12	3	0.25
30	38	3	0.0789
Σ	84	30	8.829
N Rata"			3.398

$$\bar{N} = 3,398 < 15 \text{ (Tanah Lunak)}$$

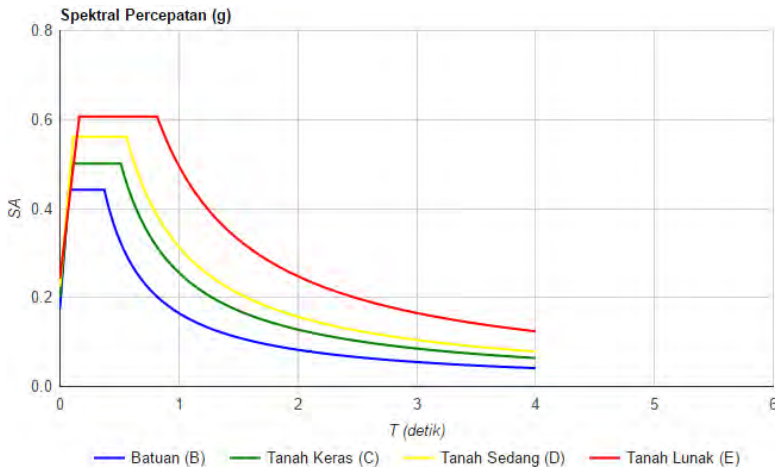
Dari data tersebut didapatkan bahwa jenis tanahnya yang akan digunakan dalam perhitungan beban gempa adalah Tanah Lunak.

5.4.2 Parameter respon spektrum rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) :

Tabel 5. 2 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.325
S_5 (g)	0.663
S_1 (g)	0.247
F_A	1.53
F_V	2.99
S_{MS} (g)	1.014
S_{M1} (g)	0.739
S_{D5} (g)	0.676
S_{D1} (g)	0.492
T_0 (detik)	0.146
T_5 (detik)	0.728



Gambar 5.8 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya

5.4.3 Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

5.4.4 Faktor reduksi gempa (R)

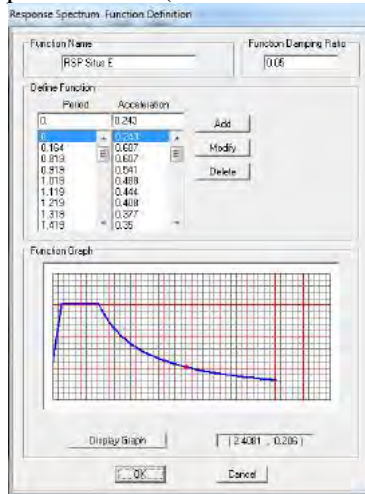
Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka bresing eksentrik (SRBE) baja. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012

didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 4, dan nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8

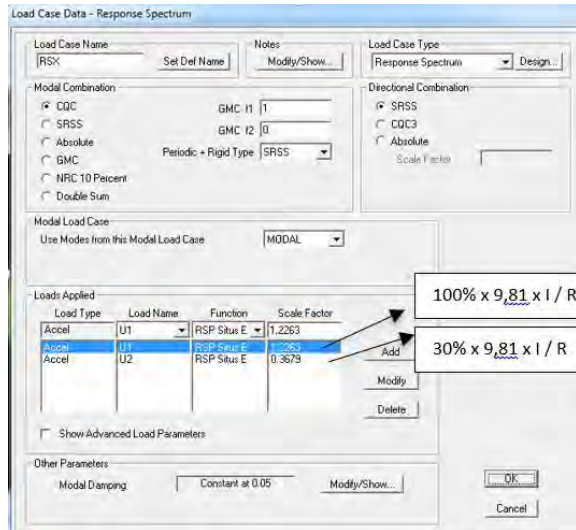
5.4.5 Faktor keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian (kantor). Pada tabel 1 SNI 03-1726-2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1$.

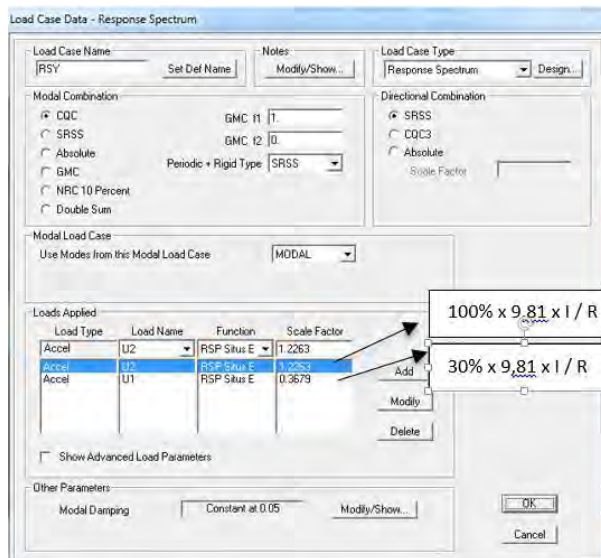
Dalam input pembebanan gempa dinamis dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option fungsi dari respon spectrum yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan input *load cases* pembebanan gempa dengan meninjau faktor reduksi gempa, faktor keutamaan dan arah pembebanan (Gambar 5.10 dan 5.11)



Gambar 5.9 Grafik Respon Spektrum Situs E Surabaya



Gambar 5.10 Pembebanan Gempa Dinamis Arah X



Gambar 5.11 Pembebanan Gempa Dinamis Arah Y

5.4.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 03-1729-2002 bangunan baja tahan gempa sebagai berikut :

- $1 D + 1 L$
- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L$
- $1,2 D + 1 L \pm Ex$
- $1,2 D + 1 L \pm Ey$
- $0,9 D \pm Ex$
- $0,9 D \pm Ey$

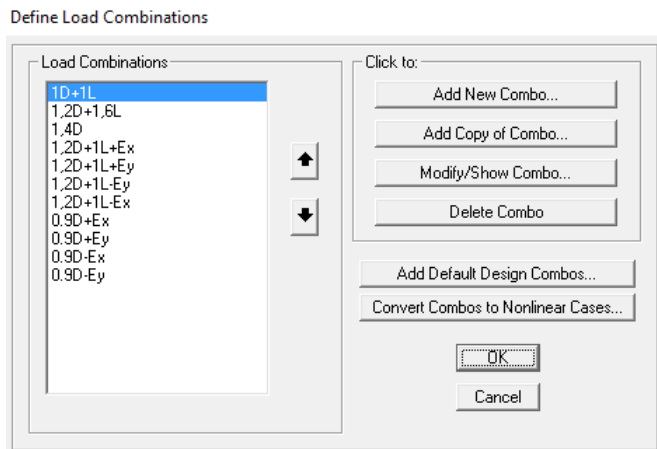
Keterangan :

D : beban mati

L : beban hidup lantai

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

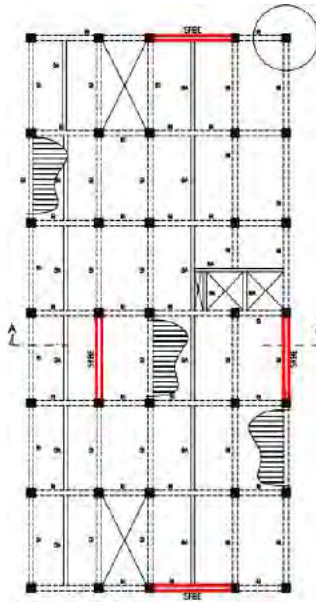
Dalam input kombinasi pembebanan dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option *load combination* yang dapat dilihat pada Gambar 5.12



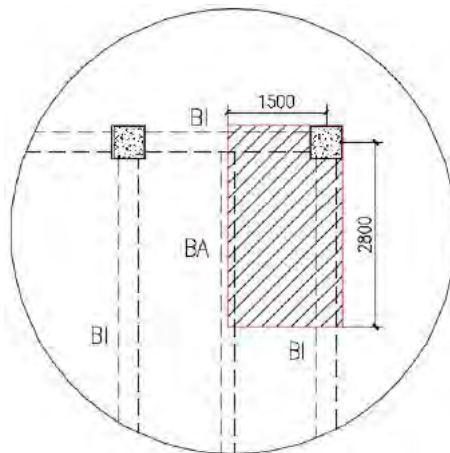
Gambar 5.12 Kombinasi Pembebanan

5.5 Kontrol Penerimaan Pemodelan Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, untuk membuktikan hasil pemodelan struktur sesuai dengan kenyataan aslinya, perlu dilakukan pengecekan dengan perhitungan manual, dengan meninjau satu kolom, dengan kombinasi D+L, hasil dari analisa SAP 2000 v14 harus sesuai dengan perhitungan manual dengan batasan perbedaan 5 % . Adapun kolom yang ditinjau adalah sebagai berikut :



Gambar 5.13 Area Pembebanan Pada Kolom yang Ditinjau



Gambar 5.14 Detail Area Pembebanan Pada Kolom yang Ditinjau

Rincian pembebanan untuk beban mati adalah:

- a. Pelat atap = 138 kg/m^2
- b. Pelat lantai hotel = 138 kg/m^2
- c. Pelat lantai koridor = 138 kg/m^2

Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah:

- a. Pelat atap = 97.64 kg/m^2
- b. Pelat lantai hotel = 244.1 kg/m^2
- c. Pelat lantai koridor = 488.44 kg/m^2

Tabel 5. 3 Perhitungan Beban Mati & Hidup Lantai

Item	Jumlah	P (m)	L (m)	Luas (m ²)	Beban (kg/m ²)	Berat (kg)	Total (kg)
Mati Atap	1	1.5	2.8	4.2	138	579.60	579.60
Mati Lantai	15	1.5	2.8	4.2	138	580	8694
Mati Koridor	1	1.5	2.8	4.2	138	579.60	579.60
Mati Atap	1	1.5	2.8	4.2		9072.00	9072.00
Mati Lantai	15	1.5	2.8	4.2		1008.00	15120
Mati Koridor	1	1.5	2.8	4.2		1310.40	1310.40
Hidup Atap	1	1.5	2.8	4.2	97.64	410.09	410.09
Hidup Lantai	15	1.5	2.8	4.2	244.1	1025.22	15378.30
Hidup Koridor	1	1.5	2.8	4.2	488.44	2051.45	2051.45
Total							53195.44

Tabel 5. 4 Perhitungan Beban Mati Dinding

Item	Jumlah	P (m)	L (m)	Luas (m ²)	Beban (kg/m ²)	Berat (kg)	Total (kg)
Dinding t = 4.8m	2	4.3	4.8	20.64	250	5160	10320
Dinding t = 3.2m	14	4.3	3.2	13.76	250	3440	48160
Total							58480

Tabel 5. 5 Perhitungan Beban Mati Balok

Item	Berat (kg/m)	L (m)	Jumlah	Total L (m)	Berat (kg)
Balok Induk	79.68	4.3	17	73.1	5824.608
Balok Anak	25.65	1.4	1	1.4	35.91
Balok Anak	32.03	1.4	16	22.4	717.472
Total					6577.99

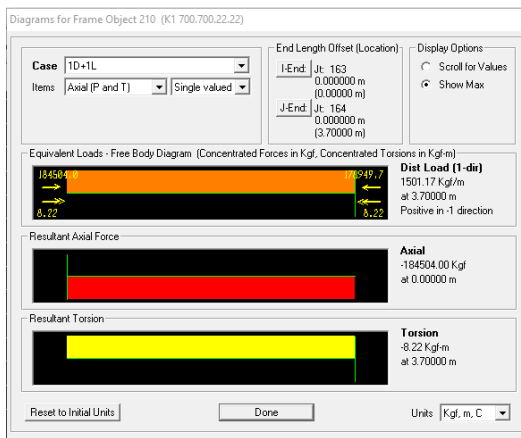
Tabel 5. 6 Perhitungan Beban Mati Kolom Beton

Item	b (m)	h (m)	L (m)	Jumlah	Volume (m3)	Total (m3)	Berat (kg)
Kolom 70/70	0.656	0.656	16.5	1	7.10	7.10	17041.31
Kolom 60/60	0.556	0.656	16	1	5.84	5.84	14005.86
Kolom 50/50	0.456	0.656	25.6	1	7.66	7.66	18378.92
Total							49426.08

Tabel 5. 7 Perhitungan Beban Mati Kolom Baja

Item	Luas (m2)	L (m)	Jumlah	Volume (m3)	Total (m3)	Berat (kg)
Kolom 70/70	0.0597	16.5	1	0.99	0.99	7732.64
Kolom 60/60	0.0509	16	1	0.81	0.81	6388.52
Kolom 50/50	0.0421	25.6	1	1.08	1.08	8453.18
Total						22574.34

Total Beban Mati & Beban Hidup (D+L)= 190253.85 kg



Gambar 5.15 Hasil Output Beban Mati + Hidup dari Kolom yang di tinjau

Hasil beban mati dan hidup (D+L) dari SAP 2000v14 adalah 184504 kg. selisih antara perhitungan manual dengan hasil output dari SAP 2000v15 adalah sebagai berikut :

$$190253.85 \text{ kg} - 184504 \text{ kg} = 5749.85 \text{ kg}$$

$$(5749.85 \text{ kg} / 190253.85 \text{ kg}) \times 100\% = 3\% < 5\% \text{ (OK)}$$

Pemodelan struktur dapat diterima (OK...!)

5.6 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

5.6.1 Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 1726 ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.8 berikut :

Tabel 5. 8 Rasio Partisipasi Massa Hotel IBIS Budged & Perkantoran

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.002705	0.777
MODAL	Mode	2	0.769	0.779
MODAL	Mode	3	0.769	0.78
MODAL	Mode	4	0.769	0.878
MODAL	Mode	5	0.878	0.878
MODAL	Mode	6	0.878	0.878

MODAL	Mode	7	0.878	0.908
MODAL	Mode	8	0.907	0.908
MODAL	Mode	9	0.907	0.908
MODAL	Mode	10	0.907	0.926
MODAL	Mode	11	0.925	0.926
MODAL	Mode	12	0.925	0.926

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 90,7% pada moda ke 8 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,8% pada moda ke 7. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5.6.2 Kontrol waktu getar alami fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran ini dengan ketinggian 58.1 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan bresing eksentrik sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 58,1 \text{ m}$$

maka :

$$\begin{aligned} T &= 0,0731 \cdot 58,1^{0,75} \\ &= 1,538 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai C_u didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai $S_{D1} = 0,492$, maka :

$$C_u \cdot T = 1,4 \cdot 1,538 = 2,154 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode dan frekuensi struktur dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5. 9 Periode dan Frekuensi Struktur

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	1.970	0.62587
MODAL	Mode	2	1.937	0.62742
MODAL	Mode	3	1.418	0.8408
MODAL	Mode	4	0.641	2.0131
MODAL	Mode	5	0.633	2.0178
MODAL	Mode	6	0.476	2.6371
MODAL	Mode	7	0.338	3.811
MODAL	Mode	8	0.335	3.8795
MODAL	Mode	9	0.251	4.9983
MODAL	Mode	10	0.222	5.8841
MODAL	Mode	11	0.221	5.9052
MODAL	Mode	12	0.188	7.2139

Dari tabel di atas didapat $T = 1,97 \text{ s}$. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \cdot T$. Jadi analisis struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

5.6.3 Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,676}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,085$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,492}{1,97\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,039 < 0,085 \quad (\text{OK...!})$$

Maka diambil $C_s = 0,039$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,676 \cdot 1 \\ &= 0,03 < 0,039 \end{aligned} \quad (\text{OK...!})$$

Maka diambil $C_s = 0,039$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran adalah :

Tabel 5. 10 Reaksi Dasar Struktur

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Kgf	Kgf	Kgf
1 D + 1L	1.361E-07	1.235E-08	6875077.6

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 6875077,6 kg Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,039 \cdot 6875077,6 \text{ kg} \\ &= 264831,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 5. 11 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
Quake X	193488.44	58366.91
Quake Y	58044.19	194543.06

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$193488,44 \text{ kg} > 85\% \cdot 264831,3 \text{ kg}$$

$$193488,44 \text{ kg} > 225106,6 \text{ kg} \quad (\text{Not OK...!})$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$194543,06 \text{ kg} > 85\% \cdot 264831,3 \text{ kg}$$

$$194543,06 \text{ kg} > 225106,6 \text{ kg} \quad (\text{Not OK...!})$$

Dari kontrol di atas, analisis struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V}$.

Untuk arah X :

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,039 \cdot 6875077,6}{193488,44} = 1,16$$

Untuk arah Y :

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,039 \cdot 6875077,6}{194543,06} = 1,16$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 5. 12 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa
Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Kgf	Kgf
RSX After x SF	Max	225414.04	67997.44
RSY after x SF	Max	67626.07	226651.9

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$225414.04 \text{ kg} > 85\% \cdot 264831,3 \text{ kg}$$

$$225414.04 \text{ kg} > 225106.6 \text{ kg} \quad (\text{OK...!})$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$226651.9 \text{ kg} > 85\% \cdot 264831,3 \text{ kg}$$

$$226651.9 \text{ kg} > 225106.6 \text{ kg} \quad (\text{OK...!})$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Hotel IBIS Budget & Perkantoran masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

5.6.4 Kontrol batas simpangan antar lantai (drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka bresing eksentrik, dari tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai $C_d = 4$ dan dari tabel 2 SNI 03-1726-2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 03-1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,020 \cdot h_{sx}$$

Dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

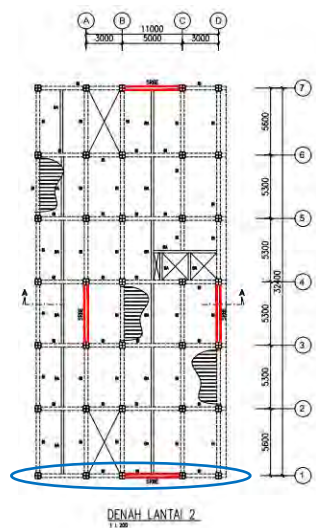
- Untuk tinggi tingkat 3,7 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot 3,7 \\ &= 0,074 \text{ m} \\ &= 74 \text{ mm}\end{aligned}$$
- Untuk tinggi tingkat 4,8 m, simpangan ijinnya adalah

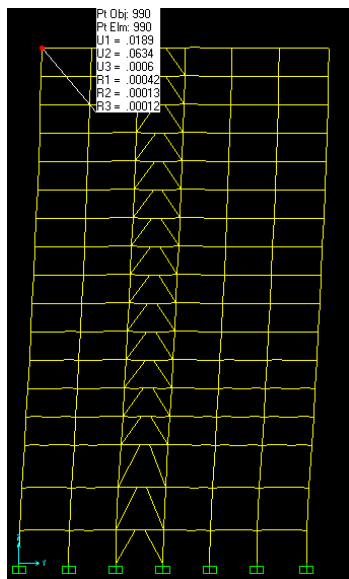
$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot 4,8 \\ &= 0,096 \text{ m} \\ &= 96 \text{ mm}\end{aligned}$$
- Untuk tinggi tingkat 3,2 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot 3,2 \\ &= 0,064 \text{ m} \\ &= 64 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur portal yang terdapat pada Gambar :



Gambar 5.16 Peninjauan Simpangan Pada Struktur



Gambar 5.17 Simpangan Yang Terjadi Pada Struktur

Dari hasil analisis dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan yang terjadi, kontrol sipangan menurut SNI 03-1726-2012 dapat dilihat pada Tabel 5.13

Tabel 5. 13 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Simpangan diperbesar (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan ijin antar lantai (mm)	Ket
i	hi	h _{sx}	δ _e	δ	Δ	Δ _a	
		hi-h(i-1)		δ _e x C _d	Δ-Δ(i-1)	0,02* h _{sx}	
Ground	0	0	0	0	0	0	OK
1	3.7	3.7	1.916	7.664	7.664	74	OK
2	8.5	4.8	7.951	31.804	24.140	96	OK
3	13.3	4.8	15.327	61.308	29.504	96	OK
4	16.5	3.2	20.065	80.260	18.952	64	OK
5	19.7	3.2	24.593	98.372	18.112	64	OK
6	22.9	3.2	28.985	115.940	17.568	64	OK
7	26.1	3.2	33.203	132.812	16.872	64	OK
8	29.3	3.2	37.262	149.048	16.236	64	OK
9	32.5	3.2	41.167	164.668	15.620	64	OK
10	35.7	3.2	44.941	179.764	15.096	64	OK
11	38.9	3.2	48.464	193.856	14.092	64	OK
12	42.1	3.2	51.734	206.936	13.080	64	OK
13	45.3	3.2	54.744	218.976	12.040	64	OK
14	48.5	3.2	57.534	230.136	11.160	64	OK
15	51.7	3.2	59.915	239.660	9.524	64	OK
16	54.9	3.2	61.882	247.528	7.868	64	OK
17	58.1	3.2	63.390	253.560	6.032	64	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Hotel IBIS Budged & Perkantoran memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer

6.1.1 Balok induk

6.1.1.1 Balok induk memanjang

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil
WF 350 × 250 × 9 × 14

$$\begin{array}{lll} W & = 79.68 \text{ kg/m} & r = 20 \text{ mm} & h_w = 340 - 2(14 + 20) \\ A & = 101.5 \text{ cm}^2 & Z_x = 1360 \text{ cm}^3 & = 272 \text{ mm} \\ t_w & = 9 \text{ mm} & i_y = 6 \text{ cm} & b_f = 259 \text{ mm} \\ t_f & = 14 \text{ mm} & I_x = 21700 \text{ cm}^4 & \\ d & = 340 \text{ mm} & I_y = 3650 \text{ cm}^4 & \end{array}$$

- a. Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 13625.22 \text{ kgm} \quad f = 0.186 \text{ cm (beban kerja)}$$

$$V_u = 7891.68 \text{ kg}$$

$$N_u = 407.14 \text{ kg}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{259}{2 \times 14} = 9.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9.25 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.22$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 30.22 \leq 106.35 \rightarrow$ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1360 = 3400000 \text{ kgcm} \\ = 34000 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 34000 \\ = 30600 \text{ kgm} > 13625.22 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga $L_b = 20 \text{ cm}$.

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 298.68 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 250 \text{ cm} \leq 298.68 \text{ cm} \rightarrow$ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1360 = 3400000 \text{ kgcm} \\ = 34000 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 34000 \\ = 30600 \text{ kgm} > 13625.22 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.22 \quad ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 30.22 \leq 69.57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (34 \times 0.9) \times 1.00 = 45900 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 45900$$

$$= 41310 \text{ kg} > 7891.68 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

d. Kontrol lendutan

$$L = 560 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1.56 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0.186 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.186 \text{ cm} \leq 1.56 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.1.2 Balok induk melintang

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil WF 350 × 250 × 9 × 14

$$W = 79.68 \text{ kg/m} \quad r = 20 \text{ mm} \quad h_w = 340 - 2(14 + 20)$$

$$A = 101.5 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 1360 \text{ cm}^3 \quad = 272 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm} \quad i_y = 6 \text{ cm} \quad b_f = 259 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm} \quad I_x = 21700 \text{ cm}^4$$

$$d = 340 \text{ mm} \quad I_y = 3650 \text{ cm}^4$$

- a. Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 19154.32 \text{ kgm} \quad f = 0.258 \text{ cm (beban kerja)}$$

$$V_u = 4872.34 \text{ kg}$$

$$N_u = 109.12 \text{ kg}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{259}{2 \times 14} = 9.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9.25 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.22$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 30.22 \leq 106.35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1360 = 3400000 \text{ kgcm} \\ &= 34000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 34000$$

$$= 30600 \text{ kgm} > 19154.32 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 200 \text{ cm}$.

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 298.68 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 250 \text{ cm} \leq 298.68 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1360 = 3400000 \text{ kgcm} \\ &= 34000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 34000$$

$$= 30600 \text{ kgm} > 19154.32 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.22 \quad ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 30.22 \leq 69.57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (34 \times 0.9) \times 1.00 = 45900 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 45900$$

$$= 41310 \text{ kg} > 4872.34 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

d. Kontrol lendutan

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1.11 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0.26 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.26 \text{ cm} \leq 1.11 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.2 Kolom

6.1.2.1 Kolom Lantai 1-4

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS $700 \times 700 \times 22 \times 22$ dan panjang kolom 370 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$d = 700 \text{ mm} \quad I_x = 432500 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 700 \text{ mm} \quad I_y = 432500 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 t_w &= 22 \text{ mm} & i_x &= 27.4 \text{ cm} \\
 t_f &= 22 \text{ mm} & i_y &= 27.4 \text{ cm} \\
 A &= 596.64 \text{ cm}^2 & h &= 370 \text{ mm} \\
 Z_x &= 12360 \text{ cm}^3 & f_y &= 250 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$P_u = 496246.42 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 15582.61 \text{ kgm}$$

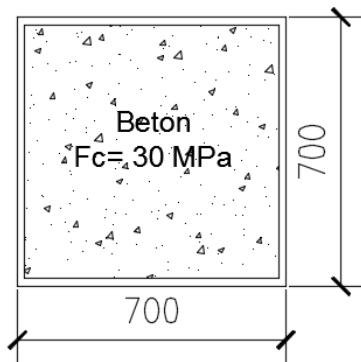
$$M_{uy} = 47789.68 \text{ kgm}$$

Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $700 \times 700 \times 22 \times 22$

- a. Kuat nominal tekan kolom komposit
- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{596.64}{4303.36 + 596.64} = 12.18\% \geq 4\% \dots \text{OK!}$$

Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 14.29 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15.9$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 15.9 \leq 63.92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 596.64 + 0.85 \times 400(4303.36 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 2954742.4 \text{ kg}$$

b. Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15.9$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31.68$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 15.9 \leq 31.68 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 12360 = 30900000 \text{ kgcm} \\ &= 309000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 309000$$

$$= 278100 \text{ kgm} \geq 47789.68 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom-d_{balok}

$$L_b = 370 - 35 = 335 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 27.4 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1363.98 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 335 \text{ cm} \leq 1363.98 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 12360 = 30900000 \text{ kgcm}$$

$$= 309000 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 309000$$

$$= 278100 \text{ kgm} \geq 47789.68 \text{ kgm}$$

- c. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}}$$

- Arah sumbu X :
 - Kontrol momen terhadap beban gravitasi
 Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $M_1 = 9481.09 \text{ kgm}$
 $M_2 = 15582.61 \text{ kgm}$
 $C_m = 0.36$
 $P_{e1} = 62411114.92 \text{ kg}$
 $B_1 = 0.36 < 1.0$ maka digunakan 1.0
 - Kontrol momen terhadap beban lateral
 Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $P_{story} = 1465097.9 \text{ kg}$
 $P_{e_story} = 11873078 \text{ kg}$
 $B_2 = 1.14 \geq 1.0$ dapat dipakai
 - Momen terfaktor pada sumbu X
 $M_{rx} = (1.0 \times 3636.25) + (1.14 \times 44987.07)$
 $= 54956.01 \text{ kgm}$
- Arah sumbu Y :
 - Kontrol momen terhadap beban gravitasi
 Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $M_1 = 19279.09 \text{ kgm}$
 $M_2 = 47789.68 \text{ kgm}$
 $C_m = 0.44$
 $P_{e1} = 62411114.92 \text{ kg}$
 $B_1 = 0.44 < 1.0$ maka digunakan 1.0
 - Kontrol momen terhadap beban lateral
 Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $P_{story} = 1857565.4 \text{ kg}$
 $P_{e_story} = 12217047.62 \text{ kg}$
 $B_2 = 1.18 \geq 1.0$ dapat dipakai
 - Momen terfaktor pada sumbu Y
 $M_{ry} = (1.0 \times 2470.47) + (1.18 \times 46997.74)$

$$= 57895.4 \text{ kgm}$$

- Kuat aksial orde kedua

$$\begin{aligned} P_r &= (323313.9) + (1.18 \times 198768.68) \\ &= 557723.92 \text{ kg} \end{aligned}$$

- d. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{557723.92}{0.90 \times 2954742.4} = 0.21 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

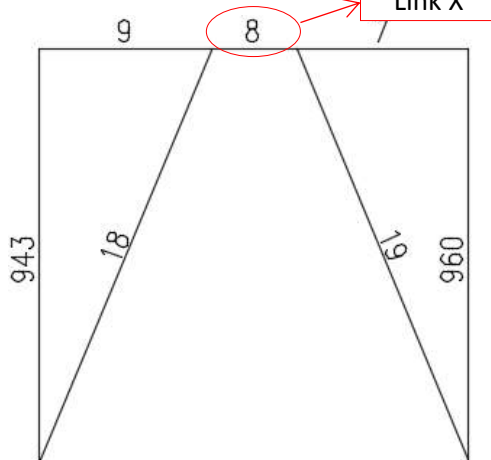
$$\frac{557723.92}{0.90 \times 2954742.4} + \frac{8}{9} \left(\frac{54956.01}{278100} + \frac{57895.4}{278100} \right) = 0.55$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0.55 \leq 1.00$, maka kolom dapat dipakai.

6.1.3 Link WF 500.200.10.16

6.1.3.1 Link Arah X

Pada perhitungan *link* arah x dipilih link pada lantai 3 pada elemen 8



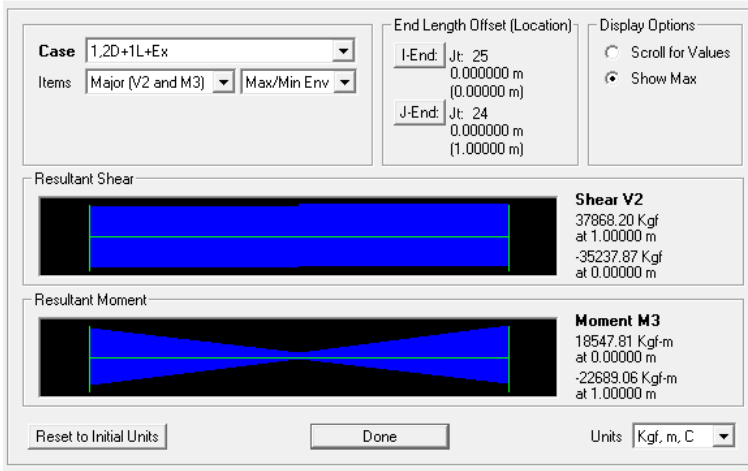
Gambar 6.2 Denah *Link* untuk Arah X

Untuk link arah X digunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 dengan data profil sebagai berikut :

$d = 500 \text{ mm}$	$I_x = 47800 \text{ cm}^4$
$bf = 200 \text{ mm}$	$I_y = 2140 \text{ cm}^4$
$tw = 10 \text{ mm}$	$i_x = 20,5 \text{ cm}$
$tf = 16 \text{ mm}$	$i_y = 4,33 \text{ cm}$
$A = 114,2 \text{ cm}^2$	$S_x = 1910 \text{ cm}^3$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_y = 214 \text{ cm}^3$
$h = 428 \text{ mm}$	$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$
$f_y = 250 \text{ Mpa}$	$Z_y = 332 \text{ cm}^3$

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk link arah x didapat gaya dalam maksimum sebagai berikut :

Diagrams for Frame Object 8 (Balok Link X 500.200.10.16)



Gambar 6.3 Hasil Output Gaya Dalam Pada Link Arah X

$$N_u = 1813.25 \text{ kg}$$

$$V_u = 37868.2 \text{ kg}$$

$$M_u = 22689.06 \text{ kg.m}$$

$$\Delta e = 1,5 \text{ mm}$$

$$M_p = Z_x f_y = 2096 \times 2500 = 5240000 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (50 - 2 \cdot 1,6) \times 1 = 70200 \text{ kg}$$

$$e = 1,6 \times \frac{M_p}{V_p} = 1,6 \times \frac{5240000}{70200} = 119,4 \text{ cm} > 100 \text{ cm}$$

Termasuk link pendek

- Kontrol penampang
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2(16)} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang sayap kompak)}$$

Pelat badan

$$\frac{N_u}{\phi N_y} = \frac{1813,25}{0,9 \times 285500} = 0,0071 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left[1 - 1,54 \frac{N_u}{\phi N_y} \right]$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} [1 - 1,54 \times 0,0017] = 85,39$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang badan kompak)}$$

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 114,2 \times 2500 \\ &= 285500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \cdot 285500 = 42825 \text{ kg} > N_u = 1813,25 \text{ Kg}$$

Maka, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana link tidak diperhitungkan.

- Kontrol kuat geser

Kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 5240000}{100} = 104800 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times 2500 \times (50 - 2 \cdot 1,6) \times 1 \\ &= 70200 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$37868,2 \text{ kg} \leq 0,9 \times 70200 \text{ kg}$$

$$37868,2 \text{ kg} \leq 63180 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

- Kontrol sudut rotasi link

$$\text{Sudut rotasi link untuk } e = 1,6 \times \frac{M_p}{V_p}$$

$$\text{maka } \alpha \text{ maks} = 0,08 \text{ radian}$$

$$\Delta = Cd \times \Delta e = 4 \times 1,5 = 6 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \times \phi = \left(\frac{500}{100} \right) \times \left(\frac{0,6}{480} \right) = 0,01 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{\text{maks}} \quad (\text{OK...!})$$

6.1.3.2 Pengaku link arah x

Di titik pertemuan dengan batang bresing, pada Link harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(bf - 2tw)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari $0,75tw$ atau 10 mm, dengan bf dan tw adalah lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

Untuk panjang link $< 1,6 \cdot M_p / V_p$, maka pengaku antara dipasang dengan spasi :

$$\text{Untuk } \alpha = 0,08 \text{ radian}$$

$$S = 30 \cdot tw - d / 5 = 30 \cdot 1 - 50 / 5 = 20 \text{ cm}$$

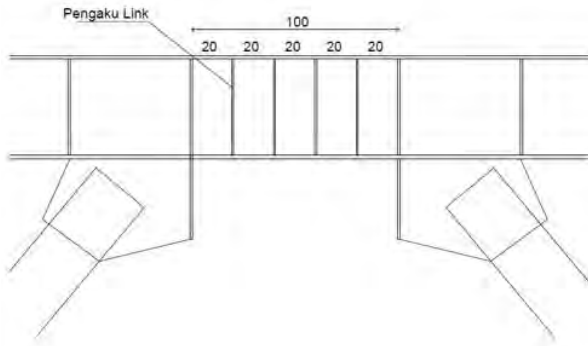
$$\text{Untuk } \alpha = 0,02 \text{ radian}$$

$$S = 52 \cdot tw - d / 5 = 52 \cdot 1 - 50 / 5 = 42 \text{ cm}$$

$$\text{Untuk } \alpha = 0,0308 \text{ radian, digunakan interpolasi}$$

$$S = 42 - \left(\left(\frac{0,01 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (42 - 20) \right) = 31,44$$

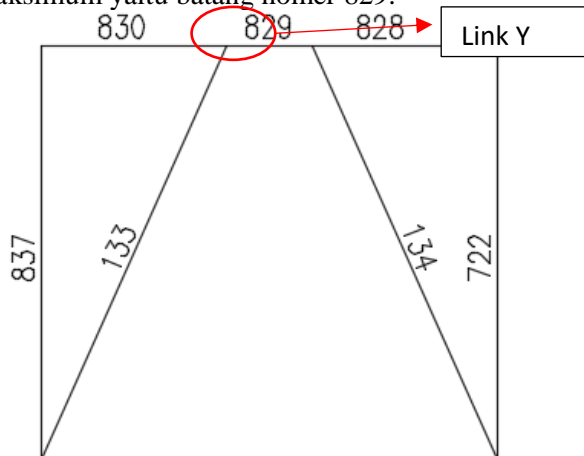
$$\text{Dipasang pengaku antara dengan jarak 20 cm.}$$



Gambar 6.4 Jarak Pengaku Pada Link Arah X

6.1.3.3 Link arah y

Pada perhitungan link arah y, diambil link yang memiliki gaya dalam maksimum yaitu batang nomor 829.



Gambar 6.5 Denah *Link* untuk Arah Y

Untuk link arah Y digunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$bf = 200 \text{ mm}$$

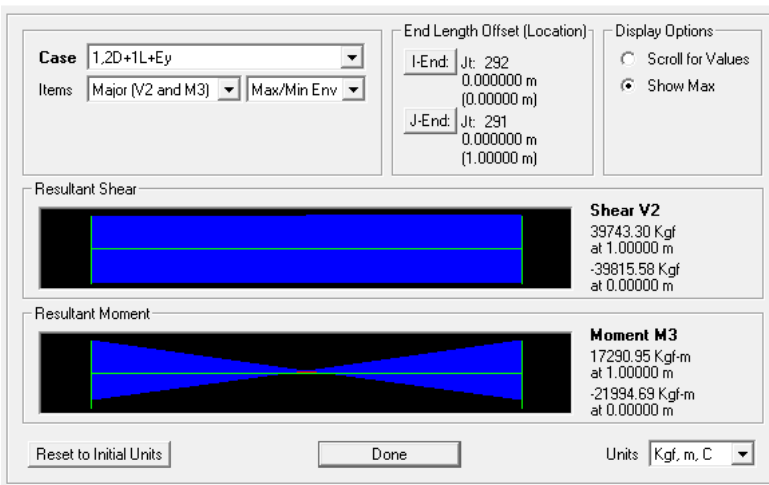
$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$tw = 10 \text{ mm}$	$ix = 20,5 \text{ cm}$
$tf = 16 \text{ mm}$	$iy = 4,33 \text{ cm}$
$A = 114,2 \text{ cm}^2$	$Sx = 1910 \text{ cm}^3$
$r = 20 \text{ mm}$	$Sy = 214 \text{ cm}^3$
$h = 428 \text{ mm}$	$Zx = 2096 \text{ cm}^3$
$fy = 250 \text{ Mpa}$	$Zy = 332 \text{ cm}^3$

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk link arah y didapat gaya dalam sebagai berikut :

Diagrams for Frame Object 829 (Balok Link Y 500.200.10.16)



Gambar 6.6 Hasil Output Gaya Dalam Pada Link Arah Y

$$Nu = 1257,45,7 \text{ kg}$$

$$Vu = 39815,58 \text{ kg}$$

$$Mu = 21994,69 \text{ kg.m}$$

$$\Delta e = 2,1 \text{ mm}$$

$$M_p = Z_x f_y = 2096 \times 2500 = 5240000 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (50 - 2.1,6) \times 1 = 70200 \text{ kg}$$

$$e = 1,6 \times \frac{M_p}{V_p} = 1,6 \times \frac{5240000}{70200} = 119,4 \text{ cm} > 100 \text{ cm}$$

Termasuk link geser

- Kontrol penampang
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2(16)} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang sayap kompak)}$$

Pelat badan

$$\frac{N_u}{\phi N_y} = \frac{1675,7}{0,9 \times 285500} = 0,00652 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left[1 - 1,54 \frac{N_u}{\phi N_y} \right]$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} [1 - 1,54 \times 0,00652] = 85,4$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang badan kompak)}$$

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 114,2 \times 2500 \\ &= 285500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \cdot 285500 = 42825 \text{ kg} > N_u = 1257,45 \text{ Kg}$$

Maka, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana link tidak diperhitungkan.

- Kontrol kuat geser

Kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 5240000}{100} = 104800 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (50 - 2.1,6) \times 1 = 70200 \text{ kg (menentukan)}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$39815,58 \text{ kg} \leq 0,9 \times 70200 \text{ kg}$$

$$39815,58 \text{ kg} \leq 63180 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

- Kontrol sudut rotasi link

$$\text{Sudut rotasi link untuk } e = 1,6 \times \frac{M_p}{V_p}$$

$$\text{maka } \alpha_{\text{maks}} = 0,08 \text{ radian}$$

$$\Delta = Cd \times \Delta e = 4 \times 2,1 = 8,4 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \times \phi = \left(\frac{530}{100} \right) \times \left(\frac{0,84}{480} \right) = 0,01 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{\text{maks}} \quad (\text{OK...!})$$

6.1.3.4 Pengaku *link* arah y

Di titik pertemuan dengan batang bresing, pada Link harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(bf - 2t_w)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari $0,75t_w$ atau 10 mm, dengan bf dan t_w adalah lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

Untuk panjang link $< 1,6 \cdot M_p / V_p$, maka pengaku antara dipasang dengan spasi :

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot \text{tw} - d / 5 = 30 \cdot 1 - 50 / 5 = 20 \text{ cm}$$

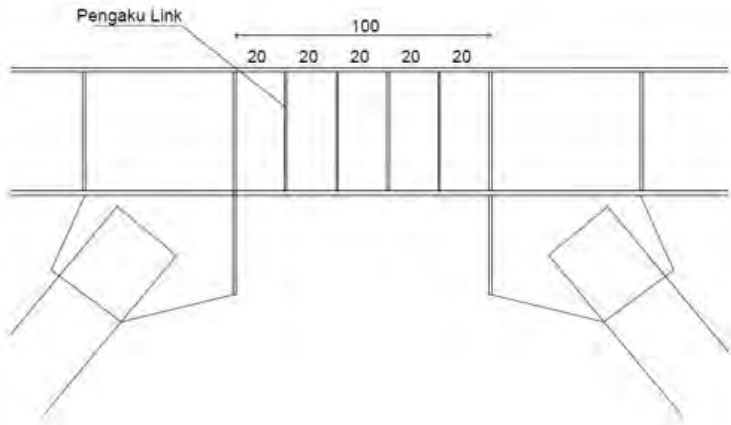
Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot \text{tw} - d / 5 = 52 \cdot 1 - 50 / 5 = 42 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,041$ radian, digunakan interpolasi

$$S = 42 - \left(\left(\frac{0,01-0,02}{0,08-0,02} \right) \cdot (42 - 20) \right) = 45,93$$

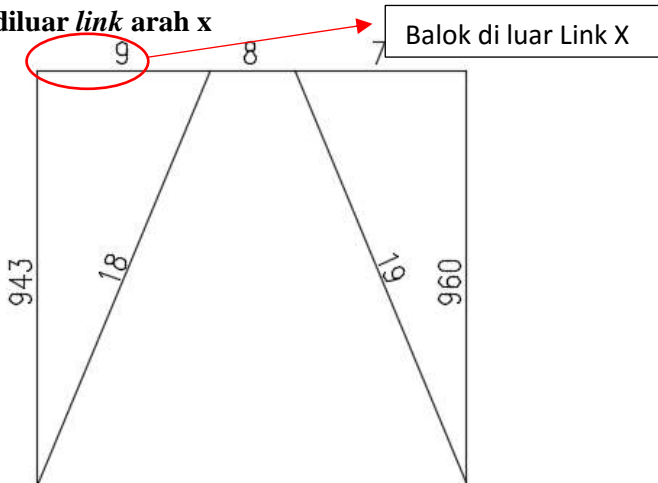
Dipasang pengaku antara dengan jarak 20 cm.



Gambar 6.7 Jarak Pengaku Pada Link Arah Y

6.1.4 Balok diluar *link*

6.1.4.1 Balok diluar *link* arah x



Gambar 6.8 Denah Balok Diluar Link Arah X

Balok diluar link arah x digunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 dengan data profil sebagai berikut :

$d = 500 \text{ mm}$	$I_x = 47800 \text{ cm}^4$
$bf = 200 \text{ mm}$	$I_y = 2140 \text{ cm}^4$
$tw = 10 \text{ mm}$	$i_x = 20,5 \text{ cm}$
$tf = 16 \text{ mm}$	$i_y = 4,33 \text{ cm}$
$A = 114,2 \text{ cm}^2$	$S_x = 1910 \text{ cm}^3$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_y = 214 \text{ cm}^3$
$h = 428 \text{ mm}$	$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$
$f_y = 250 \text{ Mpa}$	$Z_y = 332 \text{ cm}^3$

Dari output SAP 2000v14 didapatkan :

$$Mu = 1917408,71 \text{ kg.cm}$$

$$Nu = 21046,98 \text{ kg}$$

Kuat perlu dan kuat rencana geser balok yang terletak di luar link diambil berdasarkan profil link terpasang untuk menjamin link adalah elemen terlemah dalam struktur dengan perumusan sebagai berikut

- Kuat perlu

Kuat perlu balok yang terletak di luar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar $R_y \cdot V_n$

$$V_u = 1.1 R_y V_n$$

V_n = diambil nilai terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 5240000}{100} = 104800 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (50 - 2 \cdot 1,6) \times 1 = 70200 \text{ kg}$$

$$V_n = 70200 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.1 \times 1,5 \times 70200 = 115830 \text{ kg}$$

- Kuat rencana

Kuat rencana geser balok diluar link ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung dengan mengalikannya dengan faktor R_y

Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2(16)} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang sayap kompak)}$$

Pelat badan

$$\frac{N_u}{\phi N_y} = \frac{21046,98}{0,9 \times 285500} = 0,082 > 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{tw}} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left[1 - 1,54 \frac{N_u}{\phi N_y} \right]$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} [1 - 1,54 \times 0,082] = 75,44$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang badan kompak)}$$

- Kapasitas momen penampang
 Penampang kompak $\rightarrow M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \times fy = 2096 \times 2500 = 5240000 \text{ Kg.cm}$
 $\phi M_n = 0,9 \times 5240000 = 4716000 \text{ Kg.cm}$

- Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$a = \frac{500 - 100}{2} = 200$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{200}{50}\right)^2} = 5,31$$

$$1,1 \sqrt{\frac{kn \times E}{fy}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,31 \times 2000000}{2500}} = 71,71$$

$$42,8 \leq 71,71 \text{ (Plastis)}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times R_y \times 0,6 \times f_y \times d \times t_w$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 1,5 \times 0,6 \times 2500 \times 50 \times 1$$

$$\phi V_n = 101250 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi geser lentur

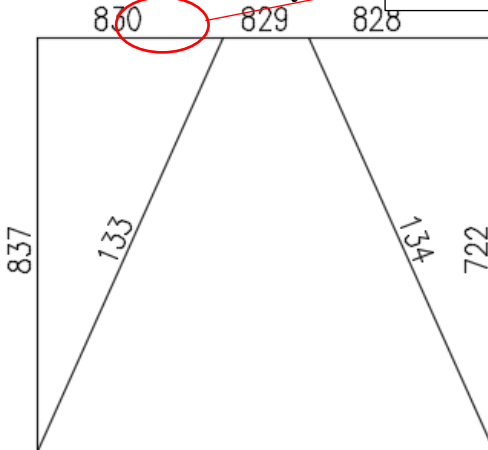
$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{1917408,71}{4716000} + 0,625 \frac{115830}{101250} \leq 1,375$$

$$1,12 \leq 1,375 \text{ (OK...!)}$$

6.1.4.2 Balok diluar *link* arah y

Balok diluar Link Y



Gambar 6.9 Denah Balok diluar *Link* untuk Arah Y

Balok diluar link arah x digunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$bf = 200 \text{ mm}$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$$tw = 10 \text{ mm}$$

$$ix = 20,5 \text{ cm}$$

$$tf = 16 \text{ mm}$$

$$iy = 4,33 \text{ cm}$$

$$A = 114,2 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 1910 \text{ cm}^3$$

$$r = 20 \text{ mm}$$

$$S_y = 214 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{ll} h = 428 \text{ mm} & Z_x = 2096 \text{ cm}^3 \\ f_y = 250 \text{ Mpa} & Z_y = 332 \text{ cm}^3 \end{array}$$

Dari output SAP 2000v15 didapatkan :

$$Mu = 189699014 \text{ kg.cm}$$

$$Nu = 27894,72 \text{ kg}$$

Kuat perlu dan kuat rencana geser balok yang terletak di luar *link* diambil berdasarkan profil link terpasang untuk menjamin link adalah elemen terlemah dalam struktur dengan perumusan sebagai berikut

- Kuat perlu

Kuat perlu balok yang terletak di luar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar $R_y \cdot V_n$

$$Vu = 1.1 R_y V_n$$

V_n = diambil nilai terkecil dari V_p atau $2M_p / e$.

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 5240000}{100} = 104800 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (50 - 2.1,6) \times 1 = 70200 \text{ kg}$$

$$V_n = 70200 \text{ kg}$$

$$Vu = 1.1 \times 1,5 \times 70200 = 115830 \text{ kg}$$

- Kuat rencana

Kuat rencana geser balok diluar link ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung dengan mengalikannya faktor R_y

Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2(16)} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang sayap kompak)}$$

Pelat badan

$$\frac{Nu}{\phi N_y} = \frac{27894,72}{0,9 \times 285500} = 0,109 > 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{tw}} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left[1 - 1,54 \frac{N_u}{\phi N_y} \right]$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} [1 - 1,54 \times 0,109] = 71,9$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang badan kompak)}$$

- Kapasitas momen penampang
 Penampang kompak $\rightarrow M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \times fy = 2096 \times 2500 = 5240000 \text{ Kg.cm}$
 $\phi M_n = 0,9 \times 5240000 = 4716000 \text{ Kg.cm}$

- Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$a = \frac{530 - 100}{2} = 215$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{215}{50}\right)^2} = 5,27$$

$$1,1\sqrt{\frac{kn \times E}{f_y}} = 1,1\sqrt{\frac{5,27 \times 2000000}{2500}} = 71,43$$

$$\lambda \leq 1,1\sqrt{\frac{kn \times E}{f_y}}$$

$$42,8 \leq 71,43 \text{ (Plastis)}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times R_y \times 0,6 \times f_y \times d \times t_w$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 1,5 \times 0,6 \times 2500 \times 50 \times 1$$

$$\phi V_n = 101250 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi geser lentur

$$\frac{Mu}{\phi M_n} + 0,625 \frac{Vu}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{1896990,14}{4716000} + 0,625 \frac{115830}{101250} \leq 1,375$$

$$1,12 \leq 1,375 \text{ (OK...!)}$$

6.1.5 Bresing

6.1.5.1 Bresing arah x

Bresing arah x digunakan profil WF 300 x 300 x 15 x 15 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 300 \text{ mm} \quad I_x = 20400 \text{ cm}^4$$

$$bf = 300 \text{ mm} \quad I_y = 6750 \text{ cm}^4$$

$$tw = 15 \text{ mm} \quad ix = 13,5 \text{ cm}$$

$t_f = 10 \text{ mm}$	$i_y = 7,51 \text{ cm}$
$A_g = 119,8 \text{ cm}^2$	$S_x = 1360 \text{ cm}^3$
$r = 18 \text{ mm}$	$S_y = 450 \text{ cm}^3$
$h = 234 \text{ mm}$	$Z_x = 1465 \text{ cm}^3$
$f_y = 250 \text{ Mpa}$	$Z_y = 682 \text{ cm}^3$

Kuat kombinasi aksial batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial yang di timbulkan oleh link yaitu sebesar $1,25 \times R_y \times V_n$ yang bertujuan untuk menjamin link adalah elemen terlemah dalam struktur dengan perumusan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 70200 \\
 &= 131625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ tekan} &= \frac{V_u}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{131625}{\sin \alpha} \\
 &= 142593,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ tarik} &= \frac{V_u}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{131625}{\sin \alpha} \\
 &= 142593,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{305}{2 \cdot 15} = 10,17$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{234}{15} = 15,60$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Kontrol kelangsingan

$$\text{Panjang bresing } L = \sqrt{200^2 + 480^2} = 520 \text{ cm}$$

$$\text{Arah x} \rightarrow \lambda_x = \frac{Lkx}{ix} = \frac{520 \times 1}{12,63} = 41,17$$

$$\text{Arah y} \rightarrow \lambda_y = \frac{Lky}{iy} = \frac{520 \times 1}{7,26} = 71,63 \text{ (menentukan !)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{71,63^2} = 3850,75 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan kritis F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{L_k}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$71,63 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}}$$

$$71,63 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,685 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \\ &= \left[0,685 \frac{2500}{3850,75} \right] \cdot 2500 \\ &= 1905,14 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 119,8 = 449250 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 449250 \text{ kg} = 404325 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 404325 \text{ kg} > 142593,75 \text{ kg (OK)}$$

Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr}$$

$$= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 119,8 \cdot 1905,14$$

$$= 376589,98 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 376589,98 \text{ kg} = 320101,49 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 320101,49 \text{ kg} > 142593,75 \text{ kg (OK)}$$

6.1.5.2 Bresing arah y

Bresing arah x digunakan profil WF 300 x 300 x 15 x 15 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 300 \text{ mm} \quad I_x = 20400 \text{ cm}^4$$

$$bf = 300 \text{ mm} \quad I_y = 6750 \text{ cm}^4$$

$$tw = 15 \text{ mm} \quad ix = 13,5 \text{ cm}$$

$$tf = 10 \text{ mm} \quad iy = 7,51 \text{ cm}$$

$$Ag = 119,8 \text{ cm}^2 \quad S_x = 1360 \text{ cm}^3$$

$$r = 18 \text{ mm} \quad S_y = 450 \text{ cm}^3$$

$$h = 234 \text{ mm} \quad Z_x = 1465 \text{ cm}^3$$

$$fy = 250 \text{ Mpa} \quad Z_y = 682 \text{ cm}^3$$

Kuat kombinasi aksial batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial yang di timbulkan oleh link yaitu sebesar $1,25 \times R_y \times V_n$ yang bertujuan untuk menjamin link adalah elemen terlemah dalam struktur dengan perumusan sebagai berikut

$$\begin{aligned} Vu &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 70200 \\ &= 131625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Pu \text{ tekan} = \frac{Vu}{\sin \alpha}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{131625}{\sin \alpha} \\
 &= 144225,77 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pu tarik} &= \frac{Vu}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{131625}{\sin \alpha} \\
 &= 144225,77 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{305}{2 \cdot 15} = 10,17$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{234}{15} = 15,60$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$

- Kontrol kelangsingan

$$\text{Panjang bresing } L = \sqrt{215^2 + 480^2} = 526 \text{ cm}$$

$$\text{Arah x} \rightarrow \lambda_x = \frac{Lkx}{ix} = \frac{526 \times 1}{12,63} = 41,64$$

$$\text{Arah y} \rightarrow \lambda_y = \frac{Lky}{iy} = \frac{526 \times 1}{7,26} = 72,45 \text{ (menentukan !)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{72,45^2} = 3764,1 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan kritis F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{L_k}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$72,45 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}}$$

$$72,45 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,685 \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \cdot F_y \\ &= \left[0,685 \sqrt{\frac{2500}{3764,1}} \right] \cdot 2500 \\ &= 1893,26 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Bresing tarik

$$\begin{aligned} P_{max} &= R_y \cdot F_y \cdot Ag \\ &= 1,5 \cdot 2500 \cdot 119,8 = 449250 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,90 \times 449250 \text{ kg} = 404325 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 404325 \text{ kg} > 144225,77 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Bresing tekan

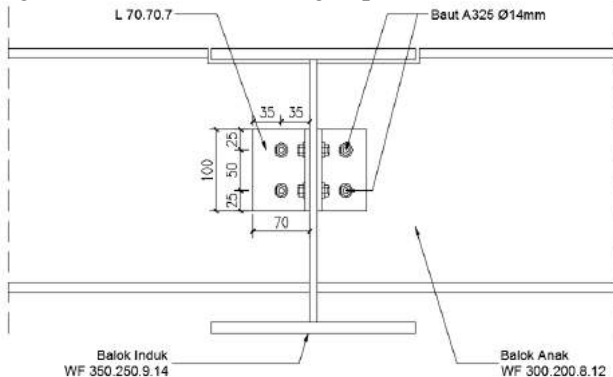
$$\begin{aligned} P_{max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 119,8 \cdot 1905,14 \\ &= 376589,98 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,85 \times 376589,98 \text{ kg} = 320101,49 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 320101,49 \text{ kg} > 144225,77 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

6.2. Perencanaan Sambungan

6.2.1. Sambungan balok anak dengan balok induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak parkir sebesar $V_u = 8443,56$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $70 \times 70 \times 7$



Gambar 6.10 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

- Sambungan siku dengan balok anak
 Direncanakan :
 $\varnothing_{\text{baut}} = 14 \text{ mm}$ ($A_b = 1,54 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)
 Kuat geser baut
 $\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$
 $= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,54$
 $= 9528,75 \text{ kg}$
 Kuat tumpu baut
 $\varnothing.R_n = \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u$
 $= 0.75 \times 2.4 \times 1.4 \times 0.8 \times 4100$
 $= 8265,6 \text{ kg}$ (menentukan !)

$$n = \frac{8443,56}{8265,6} = 1,02, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan balok induk dengan siku
 Direncanakan :
 $\varnothing_{\text{baut}} = 14 \text{ mm}$ ($A_b = 1,54 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)
 Kuat geser baut
 $\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$
 $= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,54$
 $= 9528,75 \text{ kg}$
 Kuat tumpu baut
 $\varnothing.R_n = \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u$
 $= 0.75 \times 2.4 \times 1.4 \times 0.9 \times 4100$
 $= 9298,8 \text{ kg (menentukan !)}$
 $n = \frac{16887,12}{9298,8} = 1,82 \text{ dipasang 2 buah}$

- Kontrol siku penyambung
 Kontrol leleh
 $A_g = 10 \times 0.7 = 7 \text{ cm}^2$
 $\varnothing.f_y.A_g = 0.9 \times 2500 \times 7$
 $= 15750 \text{ kg} > 8443,56 \text{ kg} \dots \text{OK!}$
 Kontrol patah
 $\varnothing_{\text{lubang}} = 14 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$
 $= 15,5 \text{ mm}$
 $= 1,55 \text{ cm}$
 $A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$
 $= (L - n \varnothing_{\text{lubang}}) \cdot t_1$
 $= (10 - 2 \times 1,55) \times 0,7$
 $= 4,83 \text{ cm}^2$
 $\varnothing.f_u.A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times f_u \times A_{nv}$
 $= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 4,83$
 $= 8911,35 \text{ kg} > 8443,56 \text{ kg} \dots \text{OK!}$

6.2.2. Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 2029,02$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $40 \times 40 \times 4$

- Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 8 \text{ mm } (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 0.503 \\ &= 3111.429 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.5 \times 4100 \\ &= 2952 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !}) \end{aligned}$$

$$n = \frac{2029.02}{2952} = 0.69, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 8 \text{ mm } (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 0.503 \\ &= 1555.714 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !}) \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.40 \times 4100 \\ &= 2361.6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{2029.02}{1555.714} = 1.3, \text{ dipasang 2 buah}$$



Gambar 6.11 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

- Kontrol siku penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 0.4 = 4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi.f_y.A_g &= 0.9 \times 2500 \cdot 4 \\ &= 9000 \text{ kg} > 2029.02 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 8 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9.5 \text{ mm} \\ &= 0.95 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (10 - 2 \times 0.95) \times 0.4 = 3.24 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi.f_u.A_{nv} &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 3.24 \\ &= 5977.8 \text{ kg} > 2029.017 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

6.2.3. Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 2988.7$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

- Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned} t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS}) \\ &\leq \frac{4100}{2500} \times 2.2 \\ &\leq 3,608 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai $t_p = 0.5$ cm

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 10 \text{ mm } (A_b = 0.785 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulr tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 0.785 \\ &= 4861.607 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1 \times 0.5 \times 4100 \\ &= 3690 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !}) \end{aligned}$$

$$n = \frac{2988.7}{3690} = 0.81, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung
Direncanakan menggunakan las F_{e100xx} :

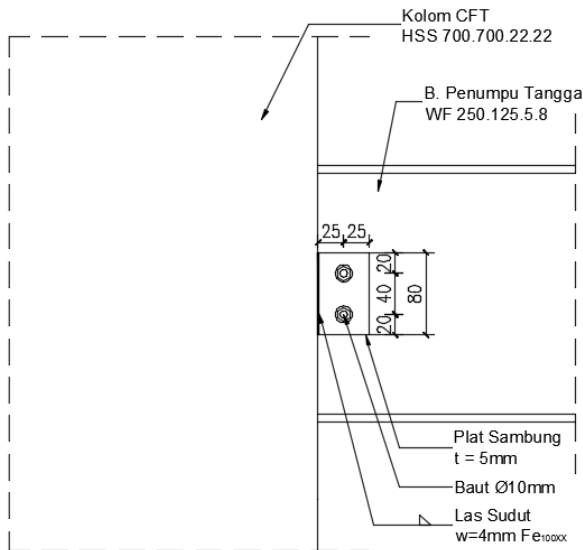
Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm
sehingga ketebalan las minimum $w = 3$ mm

Digunakan ketebalan las $w = 4$ mm

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 8.00 \\ &= 4.52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4219.80 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4219.80 \times 4.52 \\ &= 14320.31 \text{ kg} > 2988.7 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$



Gambar 6.12 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Kontrol plat penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 8 \times 0.5 = 4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi.f_y.A_g &= 0.9 \times 2500 \times 4 \\ &= 9000 \text{ kg} > 2988.7 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol patah

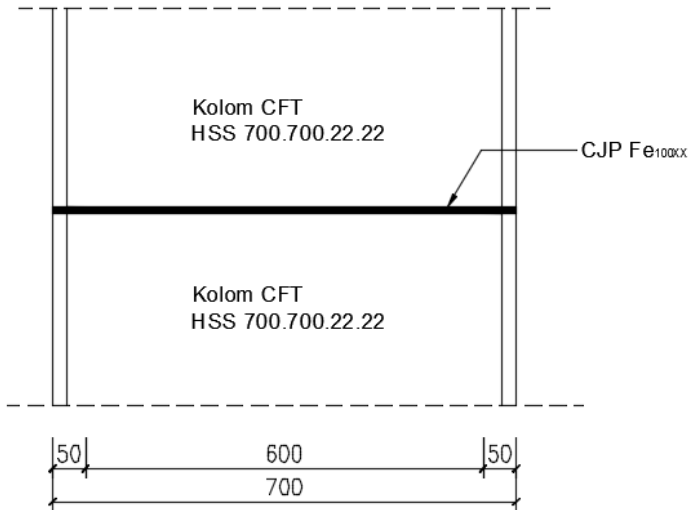
$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 10 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 11.5 \text{ mm} \\ &= 1.15 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_l \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_l \\ &= (8 - 2 \times 1.15) \times 0.5 \\ &= 2.85 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi.f_u.A_{nv} &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 2.85 \\ &= 5258.25 \text{ kg} > 2988.7 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

6.2.4. Sambungan antara kolom dengan kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 2 pada menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



Gambar 6.13 Sambungan Kolom dengan Kolom

- Sambungan las pada kolom
Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\
 &= \frac{1654.32}{70.00} + 413285.98 \\
 &= 415649.29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

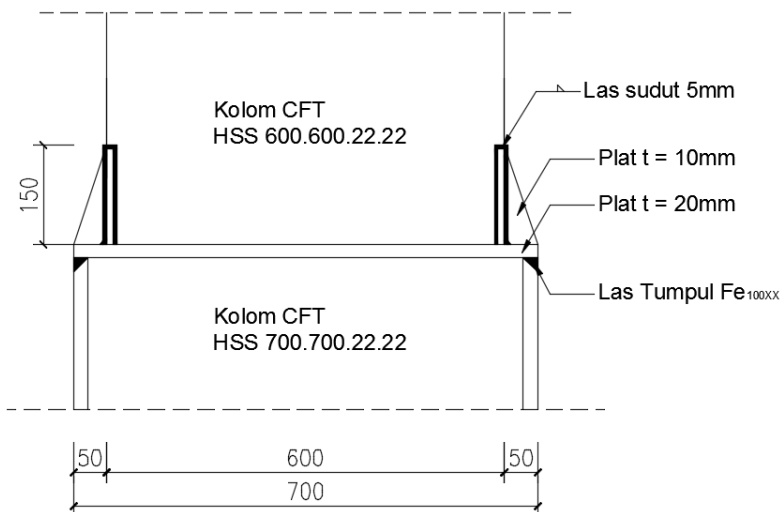
$$\begin{aligned}
 F_{nw} = f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 4100 \times (1 \times 280) \\
 &= 861000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{5463.32}{861000} \right)^2 + \left(\frac{415649.29}{861000} \right)^2 = 0.23 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

6.2.5. Sambungan kolom 700.700.22.22 dengan kolom 600.600.22.22

Sambungan kolom 700.700.22.22 dengan kolom 600.600.22.22 direncanakan pada lantai 5 pada menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



Gambar 6.14 Sambungan Kolom dengan Kolom

- Sambungan las pada kolom

Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\
 &= \frac{3720.31}{60.00} + 283176.87 \\
 &= 289377.39 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} = f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 4100 \times (1 \times 240) \\
 &= 738000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{1521.95}{738000} \right)^2 + \left(\frac{289377.39}{738000} \right)^2 = 0.15 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

- Perhitungan ketebalan plat

$$\begin{aligned}
 f_{p \max} &= \phi 0.85 f_c ' \\
 &= 0.65 \times 0.85 \times 30 \\
 &= 16.58 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$q_{\max} = 16,58 \times 700 = 11602.5 \text{ N/mm}$$

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}}$$

$$= \frac{283176.87}{11602.5} = 244.07 \text{ mm}$$

Sisi desak : pelat kantilever $m = 50 \text{ mm} < Y = 244.07 \text{ mm}$, maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah :

$$f_p = \frac{P_u}{B \cdot Y} = \frac{283176.87}{700 \times 244.07} = 16,58 \text{ MPa}$$

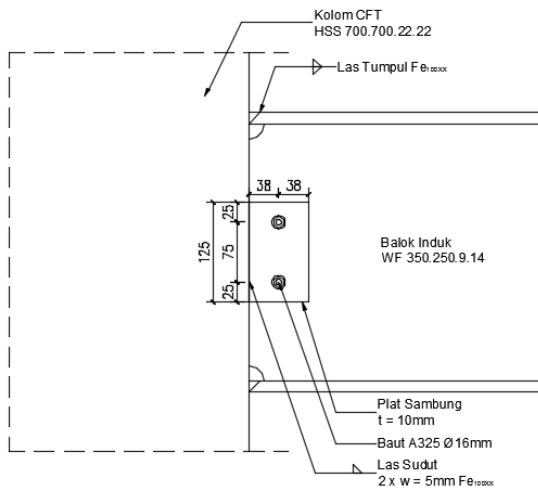
$$t_p \geq 1,5 m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$t_p \geq 1,5 \cdot 50 \sqrt{\frac{16,58}{250}} = 19,31$$

Maka tebal pelat landasan yang dipakai 20 mm.

6.2.6 Sambungan balok dengan kolom

Sambungan menghubungkan balok profil 350 × 250 × 9 × 14 dengan kolom komposit CFT dengan profil HSS 700 × 700 × 22 × 22 dengan mutu inti beton = 40 MPa. Sambungan direncanakan dengan las dengan ketentuan gaya dalam sesuai Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).



Gambar 6.15 Sambungan Balok dengan Kolom

- a. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$V_D = (79.68 \times 5.6)/2 = 223.1 \text{ kg}$$

$$V_L = 100/2 = 50 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1.2D + 1.6L \\ &= (1.2 \times 223.1) + (1.6 \times 50) \\ &= 347.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol leleh pada plat sambung

$$\text{Mutu baja plat sambung} = \text{BJ41}$$

$$\text{Diameter baut} = 16 \text{ mm} \rightarrow A = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ketebalan plat sambung} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang plat sambung} = 125 \text{ mm}$$

- Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t \\ &= (1.00 \times 12.50) - 2.00 \times (1.60 + 0.15) \times 1.00 \\ &= 9.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 0.75(0.6)f_u A_{nv} \\ &= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 9.00 \\ &= 16605 \text{ kg} > 347.7 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi n f_u^u A_b \\ &= 0.75 \times 2 \times 8250 \times 2.01 \\ &= 24873.75 \text{ kg} > 347.7 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned} 1.2l_c &= 1.2 \times (2.5 - 16/2) \\ &= 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.4d_b &= 2.4 \times 1.6 \\ &= 3.80 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\
 &= 0.75 \times 2 \times 0.9 \times 4100 \\
 &= 5645.7 \text{ kg} > 347.7 \text{ kg} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $w = 10 \text{ mm}$ (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\
 &= (0.707 \times 1.00) \times 12.50 \\
 &= 8.84 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\
 &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\
 &= 4219.80 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nv} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 4219.80 \times 8.84 \\
 &= 27969.36 \text{ kg} > 347.7 \text{ kg} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

- Sambungan rigid dengan alat sambung las dipasang sebagai penumpu beban.

- Gaya geser dan momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned}
 V_u &= 7891.7 \text{ kg} \\
 M_u &= 1362522 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u}{d} \\
 &= \frac{1362522}{35} \\
 &= 38929.2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX} .

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 1.4) \times 25.00 \\ &= 24.75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times (100 \times 70.33) \times 24.75 \\ &= 130523.689 \text{ kg} > 38929.2... \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 2 R_{nh} \\ &= 2 \times 130523.689 \text{ kg} \\ &= 261047.4 \text{ kg} > 7891.7 \text{ kg}... \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 &\leq 1.0 \\ \left(\frac{7891.7}{261047.4} \right)^2 + \left(\frac{38929.2}{130523.68} \right)^2 &= 0.09 \leq 1.0 ... \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

6.2.7 Sambungan Batang Bresing WF 300.300.15.15

Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu $1.25 \cdot R_y \cdot V_n$.

$$V_u = 1.25 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal link, diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$

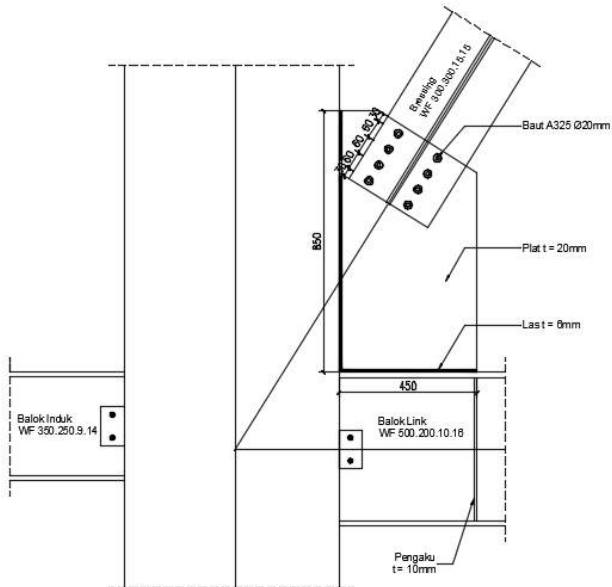
$$\begin{aligned} V_p &= 0.6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0.6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1.6) \cdot 1 \\ &= 70200 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \cdot M_p / e &= 2 \cdot 5240000 / 100 \\ &= 104800 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = 1.25 \cdot R_y \cdot V_n$$

$$= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 70200$$

$$= 131625 \text{ kg}$$



Gambar 6.16 Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul

- **Sambungan pada batang bresing**

- Kontrol kuat geser

$$\phi R_n = \phi f_u^u A_b$$

$$= 0,75 \times 8250 \times 3,143$$

$$= 19446,43 \text{ kg}$$

- Kontrol kuat tumpu

$$1.2l_c = 1,2 \times (3 - 2/2)$$

$$= 2,4 \text{ cm}$$

$$2.4d_b = 2,4 \times 2$$

$$= 4,8 \text{ cm}$$

$$\phi R_n = \phi 1,2L_c t f_u \leq 2,4d_b t f_u$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 1.5 \times 4100 \leq 4.8 \times 1.5 \times 4100$$

$$= 11070 \text{ kg} \leq 29520 \text{ kg}$$

Perhitungan jumlah Baut :

$$n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{131625}{19446,43} = 6,76$$

Dipasang 8 buah 2 baris

- **Sambungan las sudut pada plat buhul**

Bahan las sudut yang digunakan adalah E100xx

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 1,00) \times 130 \\ &= 183,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4210,58 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4210,58 \times 183,8 \\ &= 580492,3 \text{ kg} > 131625 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$\alpha = 67,38$$

$$\cos \alpha = 0,38$$

$$\sin \alpha = 0,92$$

$$\begin{aligned} 0,38 \cdot Vu &= 0,38 \times 131625 \\ &= 50625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,92 \cdot Vu &= 0,92 \times 131625 \\ &= 121500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$f_h = \frac{50625}{130} = 389,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{121500}{130} = 934,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} \\ &= \sqrt{(389,42)^2 + (934,61)^2} \\ &= 1012,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{1012,5}{580492,3} = 0,0017 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,0017}{0,707} = 0,0024 \text{ cm} < a \text{ min (6 mm)}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 0,6 cm

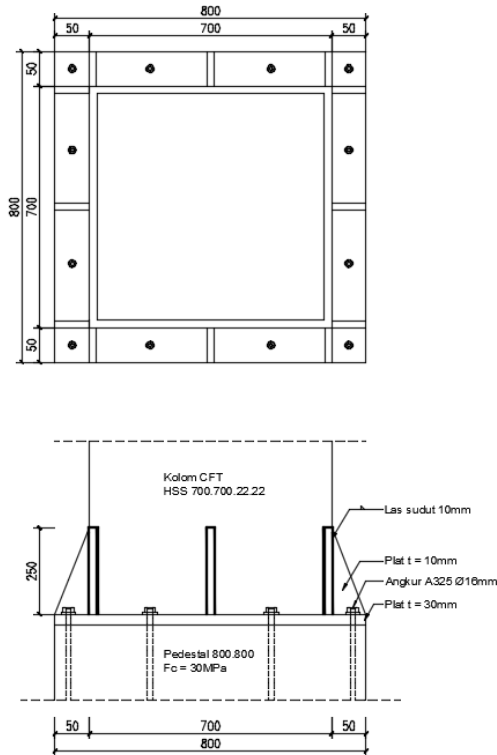
6.2.8. Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan $t_p = 30 \text{ mm}$. Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$P_u = 543992.42 \text{ kg (dari gaya aksial Kolom)}$$

$$V_u = 8188.91 \text{ kg (dari gaya geser Kolom)}$$

$$M_u = 45959.93 \text{ kgm (dari momen Kolom)}$$



Gambar 6.17 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

- Sambungan Las pada End Plate

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil HSS 700.700.22 dengan asumsi $t_e = 1.00$ cm sehingga didapat :

$$A_w = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 70 \cdot 1^3 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 70^3 \right)$$

$$= 57178,33 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{57178,33}{35}$$

$$= 816,83 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 f_{uw} &= \phi 0.6 F_{e100XX} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70,33) \\
 &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat P_u :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{543992,42}{280} + \frac{45959,93}{816,83} \\
 &= 1999,1 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat V_u :

$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{8188,91}{280} + \frac{45959,93}{816,83} \\
 &= 85,51 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned}
 f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\
 &= \sqrt{1999,1^2 + 85,51^2} \\
 &= 2000,92 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned}
 t_e &= f_{total} / f_{uw} \\
 &= 2000,92 / 3164,85 \\
 &= 0,63 \text{ cm} \\
 w &= t_e / 0,707 \\
 &= 0,63 / 0,707 \\
 &= 0,89 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol syarat tebal kaki las:

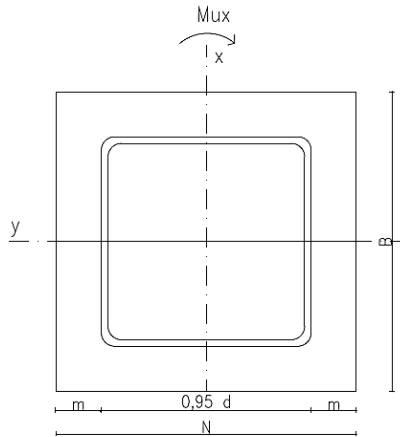
Tebal minimum = $t_{sirip} = t_p = 65 \text{ mm}$

$$w_{eff(\max)} = 1.41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p$$

$$= 1.41 \frac{4100}{100.70,33} \cdot 2 = 1,64 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 10 \text{ mm}$

- Perhitungan *base plate*



Gambar 6.18 Arah Beban Sumbu X pada Base Plate

Direncanakan diameter baut = 16 mm

Direncanakan Dimensi Baseplate 80x80 cm

$$\begin{aligned} f_{p \max} &= \phi_c 0.85 f_c' \\ &= 0.65 \times 0.85 \times 30 \\ &= 16.58 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$q_{\max} = 16,58 \times 800 = 13260 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} e_{kritis} &= \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{\max}} \\ &= \frac{800}{2} - \frac{543992,42}{2 \cdot 13260} \\ &= 194,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{45959,93}{543992,42} = 84,49 \text{ mm} < e_{kritis}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

Jika $f = 375 \text{ mm}$ adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari Y adalah :

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}}$$

$$= \frac{543992,42}{13260} = 410,25 \text{ mm}$$

Sisi desak : pelat kantilever $m = 50 \text{ mm} < Y = 410,25 \text{ mm}$, maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah :

$$f_p = \frac{P_u}{B \cdot Y} = \frac{543992,42}{800 \times 410,25} = 16,58 \text{ MPa}$$

$$t_p \geq 1,5m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$t_p \geq 1,5 \cdot 50 \sqrt{\frac{16,58}{250}} = 19,31$$

Maka tebal pelat landasan yang dipakai 30 mm.

Gaya pada angkur adalah

Dipakai baut angkur A325 Ø16 mm ($f_u = 825 \text{ MPa}$)

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi f_u^u A_b \\ &= 0,75 \times 8250 \times 2,01 \\ &= 12445,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kontrol kuat tumpu

$$\begin{aligned}1.2l_c &= 1,2 \times (2,5 - 16/2) \\ &= 2,04 \text{ cm} \\ 2.4d_b &= 2,4 \times 1,6 \\ &= 3,80 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 1,2L_c f_u \leq 2,4d_b f_u \\ &= 0,75 \times 2,04 \times 3 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,6 \times 3 \times 4100 \\ &= 15300 \text{ kg} \leq 47232 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser V_{ux} dan V_{uy})

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{8188,91}{12445,71} = 0,66$$

Dipakai 12 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

7.1 Umum

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya untuk di teruskan secara merata ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*) dan Pondasi Dalam (*Deep Foundations*). Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk dalam pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang (*pile*), pondasi dinding diafragma, pondasi crucuk, dan pondasi caissons.

7.2 Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah di daerah kota Padang yang dianggap dapat mewakili kondisi tanah pada proyek pembangunan gedung perkantoran ini. Data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

7.3 Perencanaan Pondasi

Rencana pondasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada dibawah dan berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah.

Pondasi pada gedung perkantoran ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 500 mm
- Tebal tiang : 90 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1159 cm²
- Berat : 290 kg/m
- *Bending moment crack* : 10,5 tm
- *Bending momen ultimate* : 15,75 tm
- *Allowable axial load* : 185,3 tm
- *Modulus section* : 10505 cm³

7.4 Daya Dukung Tanah

7.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$\begin{aligned}
 - \quad Q_u &= Q_p + Q_s \\
 - \quad Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= (N_p \cdot K) \cdot A_p \\
 &= (35 \times 25) \cdot 0,1964 \\
 &= 171,875 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi

$$= \left(\frac{20 + 30 + 38 + 42 + 45}{5} \right) = 35$$

K

= Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m², untuk tanah lempung

= 20 t/m², untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m², untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m², untuk tanah pasir

A_p = Luas penampang dasar tiang

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 = 0,1964 \text{ m}^2$$

q_p = tegangan di ujung tiang

$$- \quad Q_s = q_s \cdot A_s$$

$$= \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$$

$$= \left(\frac{8,4}{3} + 1 \right) \cdot 47,14 = 165,56 \text{ ton}$$

Dimana :

q_s = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m²

N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

= Mulai dari kedalaman 3 m:

$$= (5+4+1+2+3+5+4+10+12+38) = 84$$

$$N_s = (84 / 10) = 8,4$$

A_s = keliling x panjang tiang yang terbenam

$$= \pi \cdot 0,5 \cdot 30 = 47,14 \text{ m}^2$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Qu}{SF} = \frac{171,875 + 165,56}{3} = 112,4\ ton$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

N = harga SPT

7.4.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Untuk daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi C_e .

$$Q_{L\ (group)} = Q_{L\ (1\ tiang)} \times n \times C_e$$

n = jumlah tiang dalam group

Perhitungan Koefisien C_e

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (n-1)m}{90mn} \right]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

n = jumlah baris tiang pancang

Θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

7.4.3 Repetisi Beban- Beban Diatas Tiang Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekuivalen (P_v) yang bekerja adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

dimana :

P_v = beban vertikal ekuivalen

V = beban vertikal dari kolom

N = banyaknya tiang dalam group

M_x = momen terhadap sumbu x

M_y = momen terhadap sumbu y

x_{\max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

y_{\max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Σx^2 = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

Σy^2 = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

7.5 Perhitungan Pondasi Kolom

7.5.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :

$$\overline{P}_{1tp} = 185,3 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\overline{P}_{\text{tiang}} = 112,48 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 112,48 ton.

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 2,5D$ dengan S = jarak antar tiang

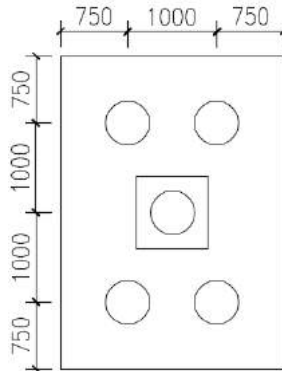
$100 \leq S \leq 125$ dipakai $S = 100 \text{ cm}$

$1D \leq S \leq 1,5D$ dengan S = jarak tepi

$50 \leq S \leq 75$ dipakai $S = 75 \text{ cm}$

Direncanakan pondasi tiang dengan 5 tiang pancang.

Jarak dari as ke as tiang adalah 1 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 7.1 Pondasi Tiang Pancang

Direncanakan menggunakan tiang pancang $\varnothing 50$ cm,

$$E_k = 1 - \left(\arctan \frac{500}{1000} \right) \left[\frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90 \times 2 \times 2} \right]$$

$$= 0,7$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman (D)30 m dari perhitungan yang ditabelkan (terlampir), didapat nilai daya dukung satu tiang pancang :

$$P \text{ beban tetap} = 112,48 \text{ kg} \times 0,7 = 79,28 \text{ ton.}$$

Jadi diambil P beban tetap = 79,28 ton

7.5.2 Perhitungan Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok

Dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom interior, diperoleh:

Tabel 7. 1 Hasil Analisis SAP 2000 Untuk Kolom

	(D + L)	(D + L + Ex)	(D + L + Ey)
P	343465.07	365838.97	351115.06
Mx	718.56	44681.79	13956.27
My	-177.1	-13404.07	-44255.16
Hx	1186.35	8568.09	3409.55
Hy	-198.76	-2303.44	-7198.47

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$\Sigma y^2 = 4 (1)^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 4 (0,5)^2 = 1 \text{ m}^2$$

Beban Tetap:

$$P_{D+L} = \frac{343465,07}{5} \pm \frac{718,56 \times 0,5}{1} \pm \frac{177,1 \times 0,1}{4}$$

$$= 69008,02 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Beban sementara:

$$P_{D+L+EX} = \frac{365838,97}{5} \pm \frac{44681,79 \times 0,5}{1} \pm \frac{13404,07 \times 0,1}{4}$$

$$= 92157,67 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

$$P_{D+L+EY} = \frac{351115,06}{5} \pm \frac{13956,27 \times 0,5}{1} \pm \frac{44255,16 \times 0,1}{1}$$

$$= 66137,36 \text{ kg}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 69008,02 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 79278,7 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol beban sementara

$$P_{\max} = 92157,67 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 1.5 \times 79278,7 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 92157,67 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 168710 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

7.5.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

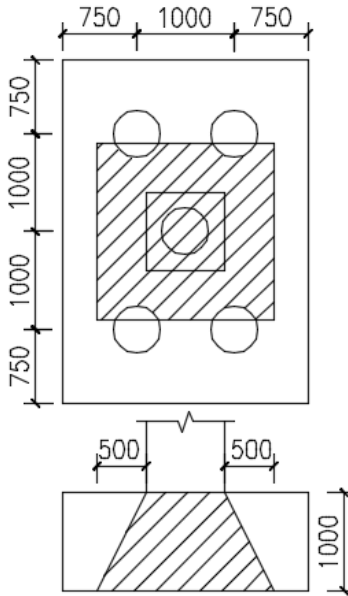
- P_{\max} (1 tiang) = 112,48 ton
- Jumlah tiang pancang = 5 buah
- Dimensi poer = 2,5 x 3,5 x 1 m
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 70 mm
- λ = 1 (beton normal)
- α_s = 40 (kolom interior)

- Tinggi efektif (d)
 $d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} 22 = 919 \text{ mm}$
 $d_y = 1000 - 70 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 897 \text{ mm}$

7.5.4 Kontrol Geser Pons

7.5.4.1 Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



Gambar 7.2 Geser Ponds Akibat Kolom

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $1000/1000 = 1$

Tebal efektif balok poer :

$$\text{Arah } x \text{ (dx)} = 1000 - 70 - (1/2 \cdot 22) = 919 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis :

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

$$b_o = 2 (800 + 915) + 2 (800 + 885) = 6876 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 6876 \times 919$$

$$= 18691984 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 6876 \times 919$$

$$= 12461323 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 12461323 N

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 12461323 \text{ N} > P_u - P_{\text{mak}} \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 9345992 \text{ N} > 343465,1 - (112478,7)$$

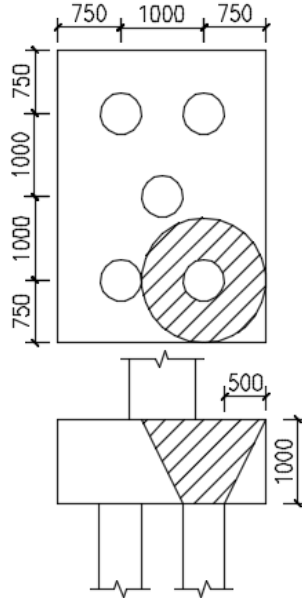
$$= 934599,2 \text{ kg} > 230986,3 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

7.5.4.2 Akibat Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $500/500 = 1$

$$b_o = (\pi \times (500 + 919)) \\ = 4459.714 \text{ mm}$$



Gambar 7.3 Geser Ponds Akibat Tiang Pancang

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1. \sqrt{30} \times 4459.714 \times 919 \\ = 12123460 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ = 0,333.1. \sqrt{30} \times 4459.714 \times 919 \\ = 8082306 \text{ N}$$

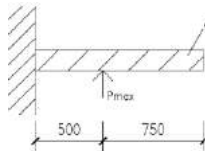
Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 8082306 N

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 \cdot 8082306 \text{ N} > P_{\text{mak}} \\ \phi V_c &= 6061730 \text{ N} > 112478,7 \text{ kg} \\ &= 606173 \text{ kg} > 112478,7 \text{ kg} \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

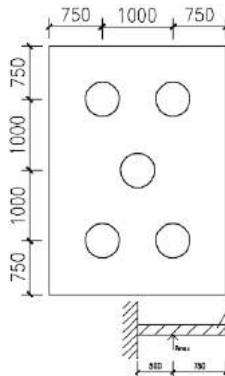
7.5.5 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 7.4 Analisa Poer sebagai Balok Kantilever

7.5.5.1 Penulangan Arah x



Gambar 7.5 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
P_{\max} &= 112,48 \text{ ton} \\
P &= 2 \times 112,48 = 224,96 \text{ ton} \\
q &= 2,4 \times 3,5 \times 1 = 8,4 \text{ ton/m} \\
q_u &= 8,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,8 \text{ ton/m} \\
M_u &= 2P_{\max} a - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\
&= (224,96 \times 0,5) - (\frac{1}{2} \times 10,8 \times (0,5+0,75)^2) \\
&= 104,604 \text{ ton.m} \\
&= 1046037415 \text{ N.mm} \\
d_x &= 1000 - 70 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 885 \text{ mm} \\
d_y &= 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 915 \text{ mm} \\
M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{1046037415}{0,8} = 1307546769 \text{ Nmm} \\
m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_{rc}} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,45 \\
\rho_{\min} &= 0,002 \\
R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{1307546769}{2500 \times 915^2} = 0,65 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,65}{400}} \right) \\
&= 0,00164 < \rho_{\min} \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0,00164 \times 1,3 \\
&= 0,0021
\end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \times b \times d_x \\
&= 0,0021 \times 2500 \times 897 \\
&= 4943,71 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

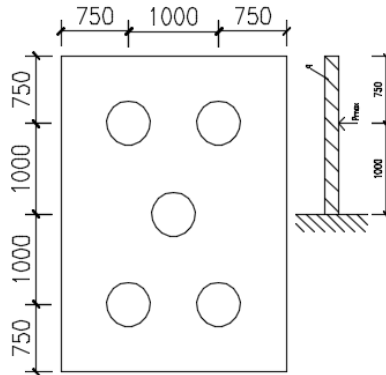
Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,28 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4943,71}{380,28} = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{2500}{13} = 192,31$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–175 mm

7.5.5.2 Penulangan Arah y



Gambar 7.6 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 112,48 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 112,48 = 224,96 \text{ ton}$$

$$q = 2,4 \times 2,5 \times 1 = 6 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 6 \text{ ton/m} \times 1,2 = 7,2 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 2P_{\max} a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 \\ &= (224,96 \times 1) - (\frac{1}{2} \times 6 \times (1+0,75)^2) \\ &= 213,93 \text{ ton.m} \\ &= 2139324830 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$dx = 1000 - 70 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 885 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 915 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2139324830}{0,8} = 2674156037 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,45$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1357197069}{3500 \times 919^2} = 0,904$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,904}{400}} \right) \\ &= 0,00229 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,00229 \times 3500 \times 919 \\ &= 7211,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,28 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{7211,86}{380,28} = 19 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{3500}{19} = 184,21$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–175 mm

7.6 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 543992.42 \text{ kg}$$

$$V_u = 8188.91 \text{ kg}$$

$$M_u = 45959.93 \text{ kg.m}$$

- Data perencanaan kolom :

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$A_g = 640000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Selimut beton = 50 mm

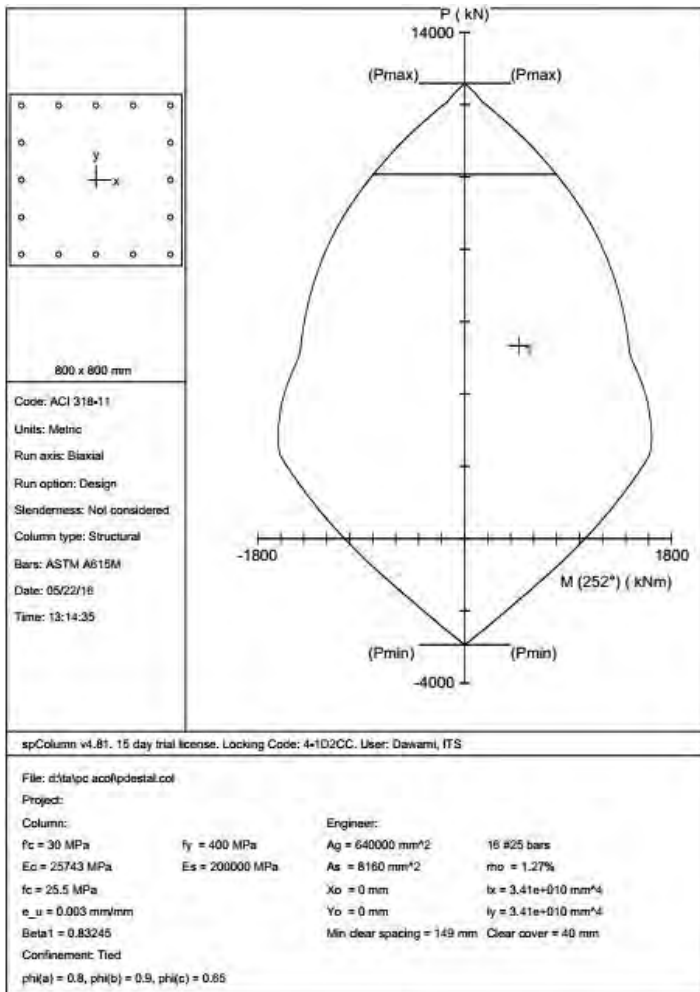
Tulangan sengkang = $\varnothing 12 \text{ mm}$

Tulangan utama = $\varnothing 25 \text{ mm}$

$$\text{Tinggi efektif} = 800 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 725.50 \text{ mm}$$

- Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1.275 \%$



Gambar 7.7 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

$$A_s = 0.01275 \times 800 \times 725.50 = 7400.1 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 16 D25, $A_s = 7857.14 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

- Penulangan Geser Kolom

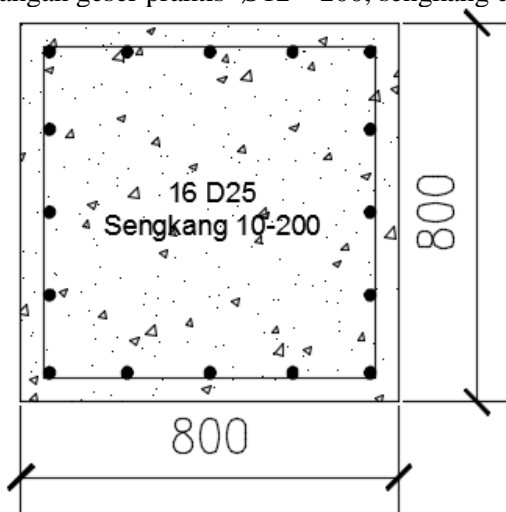
$$V_u = 8188.91 \text{ kg} = 81889.1 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= \left(1 + \frac{5439924}{14 \times 640000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 800 \times 725.50 \\ &= 851508.48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.5 \times 0.75 \times V_c \\ &= 0.5 \times 0.75 \times 851508.48 \\ &= 319315.68 \text{ N} > V_u = 81889.1 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.



Gambar 7.8 Penulangan Kolom Pedestal

7.7 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang

menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:	b	= 400 mm
	h	= 600 mm
	A_g	= 240000 mm ²
Mutu bahan:	f'_c	= 30 MPa
	f_y	= 400 MPa
Selimut beton		= 50 mm
Tul. sengkang		= Ø12
Tul. utama		= D22
Tinggi efektif (d)		= 600 – (50 + 12 + ½ . 22)
		= 527 mm

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\text{Beban dinding} \quad 1.2 \times 250 \times 3.7 \quad = 1110.00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sloof} \quad 1.2 \times 0.4 \times 0.6 \times 2400 \quad = \underline{691.20 \text{ kg/m}}$$

$$Q_u \quad = 1801.20 \text{ kg/m}$$

$$\text{Panjang sloof} = 5.60 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 1801.20 \times 5.60^2 \\ &= 4707.136 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D (Vu) &= 1/2 \times q_u \times L \\ &= 1/2 \times 1801.20 \times 5.60 \\ &= 5043.36 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Penulangan tarik pada sloof

$$\text{Mu} \quad = 4707.136 \text{ kgm} = 47071360 \text{ Nmm}$$

$$D (Vu) \quad = 5043.36 \text{ kg} = 50433.6 \text{ N}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s \quad = \frac{V_u}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{50433.6}{400} \\
 &= 126.084 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A'_s &= 0.5A_s \\
 &= 0.5 \times 126.084 \\
 &= 63.042 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{47071360}{0.8} \\
 &= 58839200 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 30} \\
 &= 15.69
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.002$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{bd^2} \\
 &= \frac{145701250.00}{400 \times 527^2} \\
 &= 0.53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.31}{400}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0.0013$$

$$\rho < \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{\min} = 0.002$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0.002 \times 400 \times 572 \\ &= 421.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s1}' &= 0.50 \times A_s \\ &= 210.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 126.084 + 421.6 \\ &= 547.68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 2 D22 ($A_s = 760.26 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 63.042 + 210.8 \\ &= 273.84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D22 ($A_s = 760.26 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Geser Sloof

$$N_u = 543992.4 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

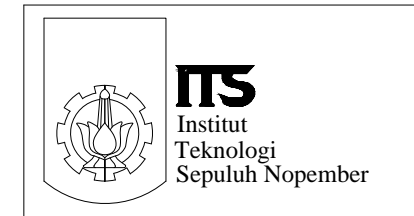
$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= \left(1 + \frac{543992.4}{14 \times 240000} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 527 \\ &= 228060.38 \text{ N} > V_u = 50433.6 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser Ø12 – 200, sengkang 2 kaki.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HOTEAL IBIS BUDGET & PERKANTORAN



DAFTAR ISI

GAMBAR ARSITEK

No	NAMA GAMBAR	KODE. GAMBAR	NO. LEMBAR
1	DENAH LANTAI 1	ARS	01
2	DENAH LANTAI 2	ARS	02
3	DENAH LANTAI 3-9	ARS	03
4	DENAH LANTAI 10-16	ARS	04
5	TAMPAK-A	ARS	05
6	TAMPAK-B	ARS	06

DAFTAR ISI

GAMBAR STRUKTUR

No	NAMA GAMBAR	KODE. GAMBAR	NO. LEMBAR
1	DENAH SLOOF & PONDASI	STR	01
2	DENAH LANTAI 1	STR	02
3	DENAH LANTAI 2	STR	03
4	DENAH LANTAI 3-9	STR	04
5	DENAH LANTAI 10-16	STR	05
6	DENAH LANTAI ATAP	STR	06
7	POTONGAN A-A	STR	07
8	PORTAL AS 1-1	STR	08
9	PORTAL AS D-D	STR	09
10	PROTEKSI KOLOM DENGAN ROCK WOOL	STR	10
11	DETAIL A	STR	11
12	DETAIL B,C	STR	12
13	DETAIL D,E	STR	13
14	DETAIL F	STR	14
15	DENAH TANGGA	STR	15
16	DETAIL G,H	STR	16
17	DETAIL I	STR	17
18	DETAIL PENULANGAN PONDASI P1	STR	18
19	DETAIL PENULANGAN PONDASI P1	STR	19
20	DETAIL PENULANGAN PONDASI P2	STR	20

GAMBAR RENCANA

HOTEAL IBIS BUDGET & PERKANTORAN

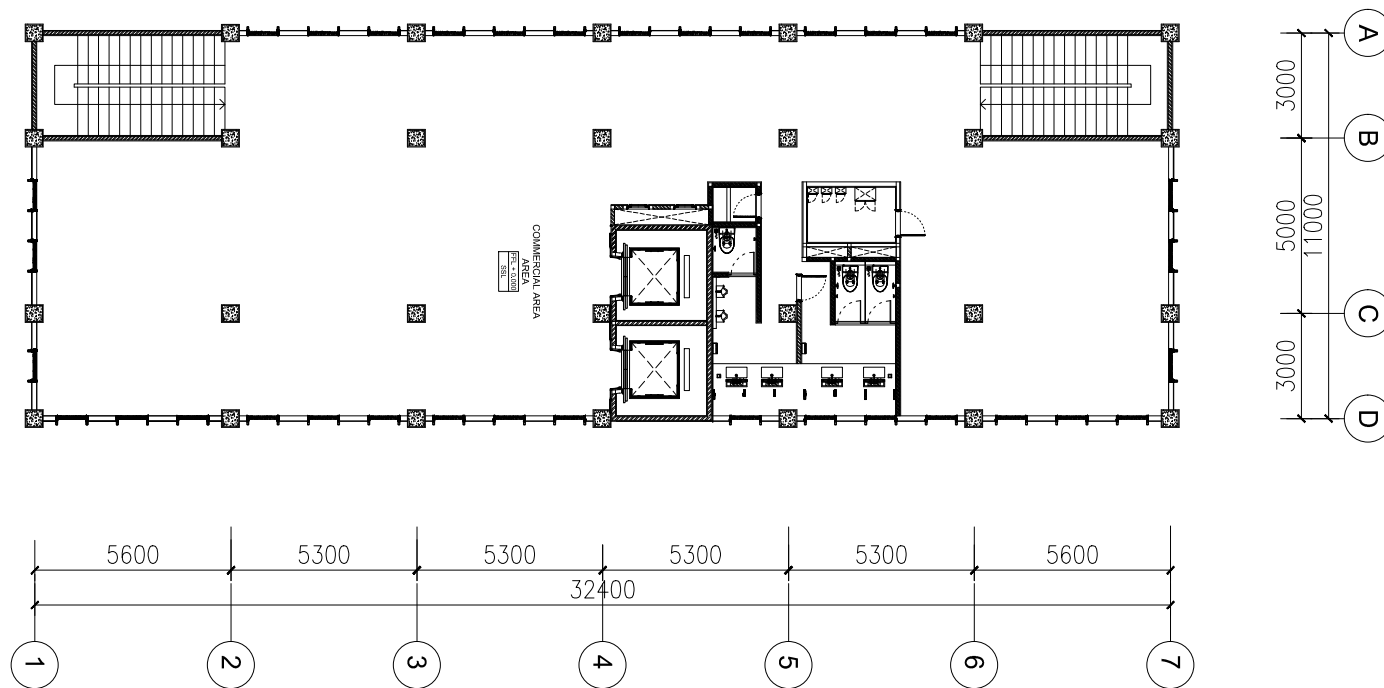


**PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET &
PERKANTORAN
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
BRESING EKSENTRIK**

**OLEH :
DAWAMI BURHAN S.
3114105018**

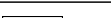
**DOSEN PEMBIMBING I :
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D
NIP. 197301281998021002**

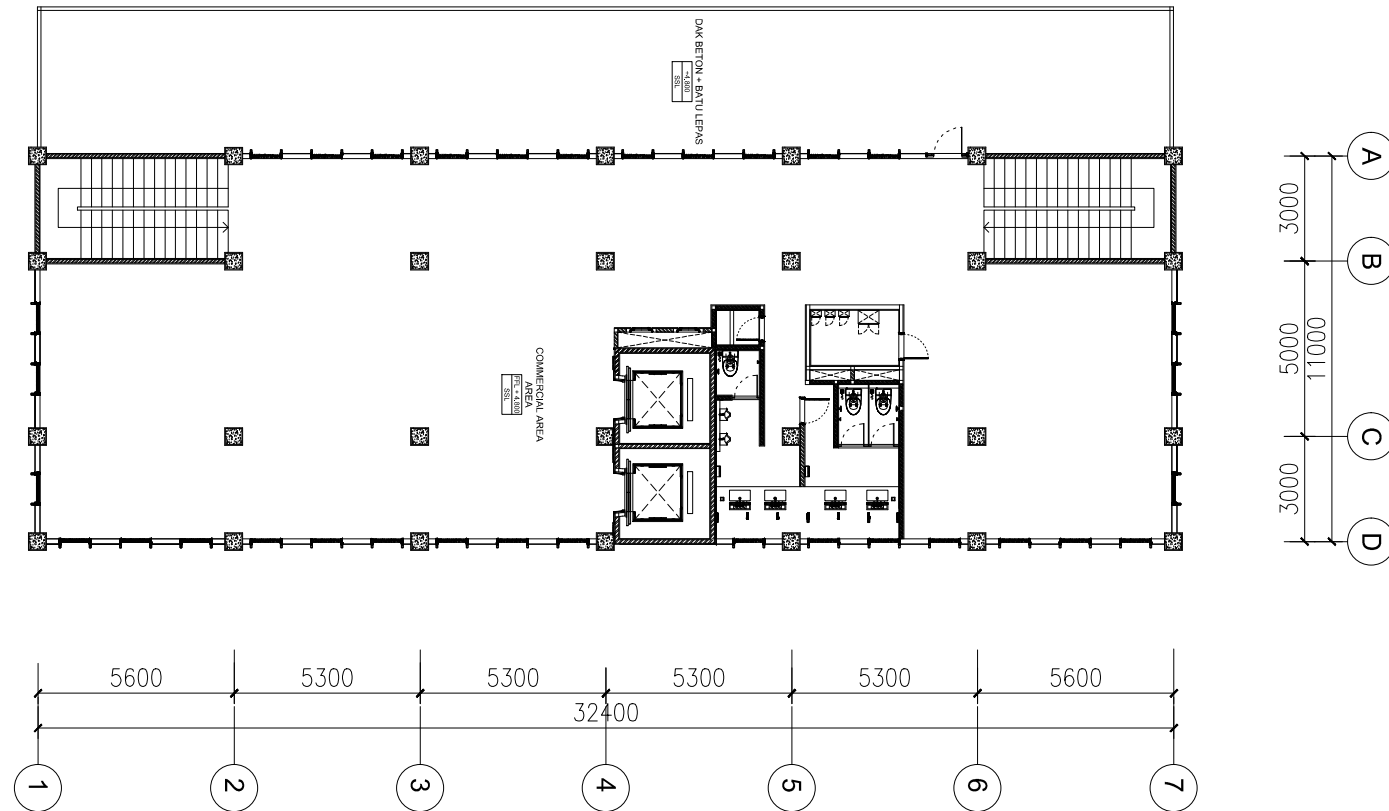
**DOSEN PEMBIMBING II :
Ir. ISDARMANU, MSc**




DENAH LANTAI 1

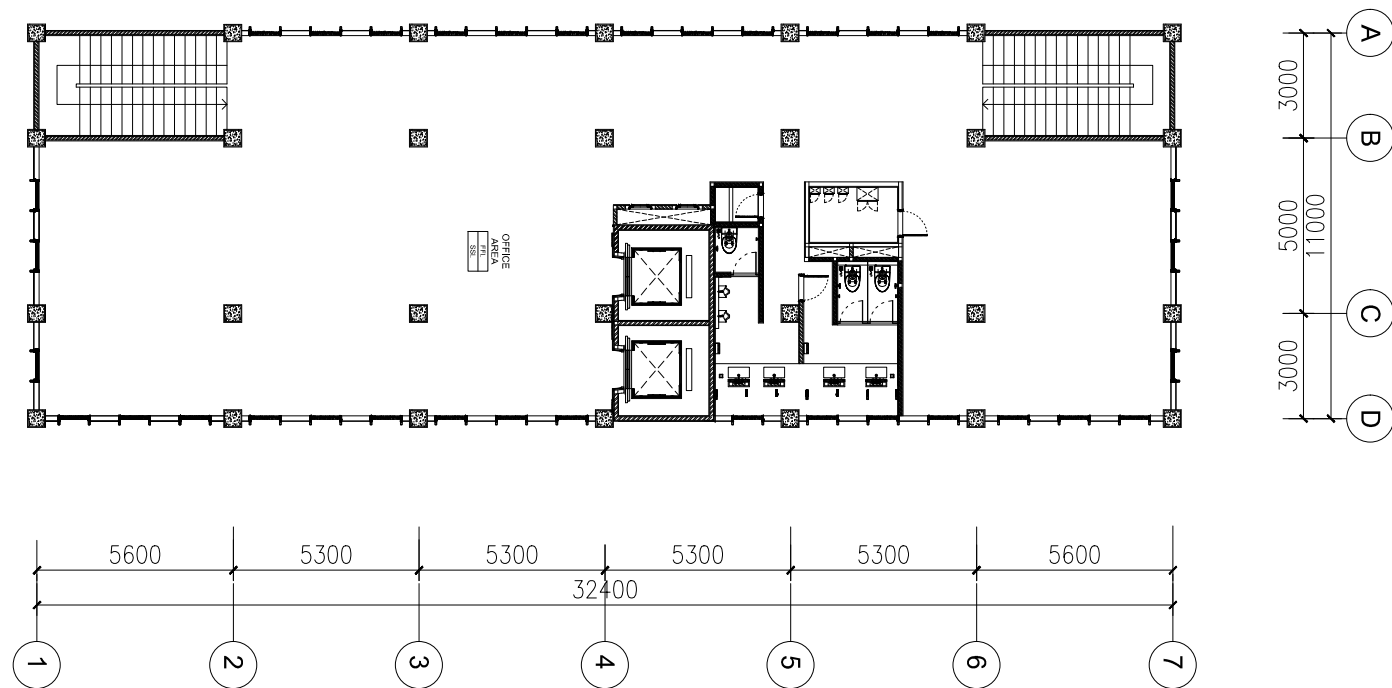
1 : 200

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					<u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP.			
					KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	
					ARS	1	6	




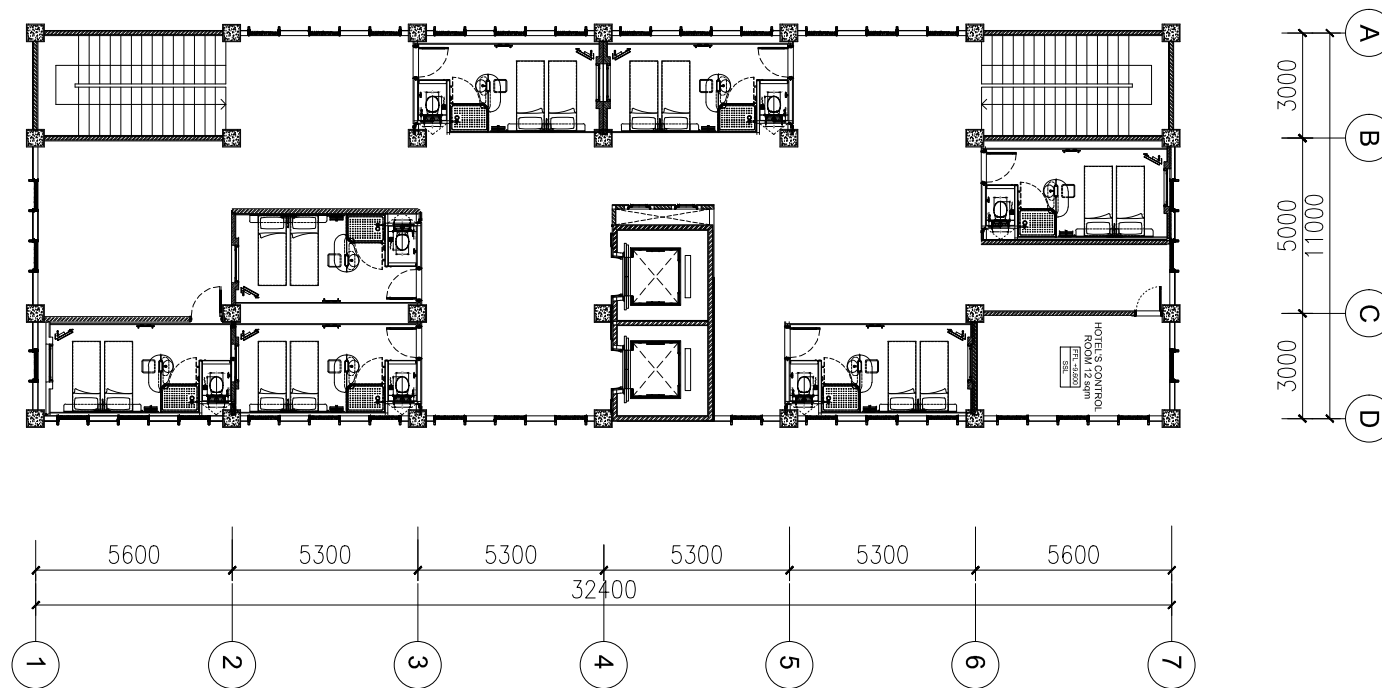
DENAH LANTAI 2
1 : 200

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. <u>ISDARMANU, MSc</u> NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					ARS	2	6	




DENAH LANTAI 3-9
1 : 200

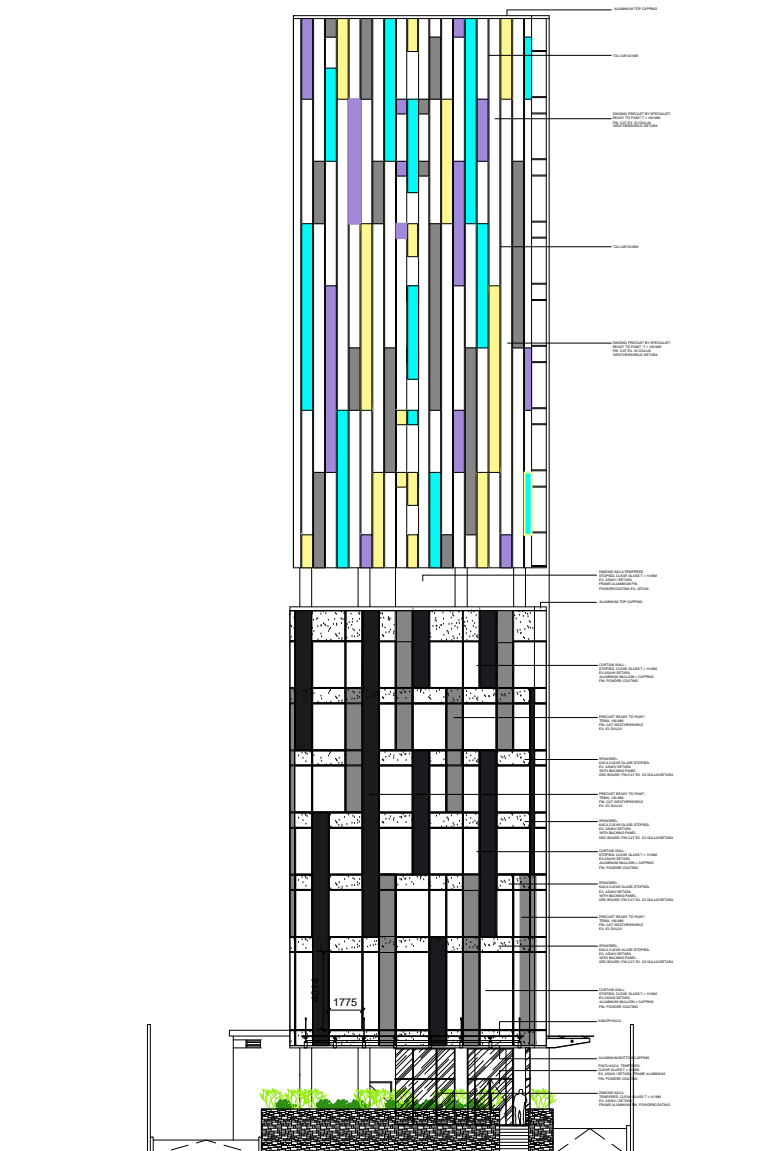
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					ARS	3	6	




DENAH LANTAI 10-16


1 : 200

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					<u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					ARS	4	6	




TAMPAK B

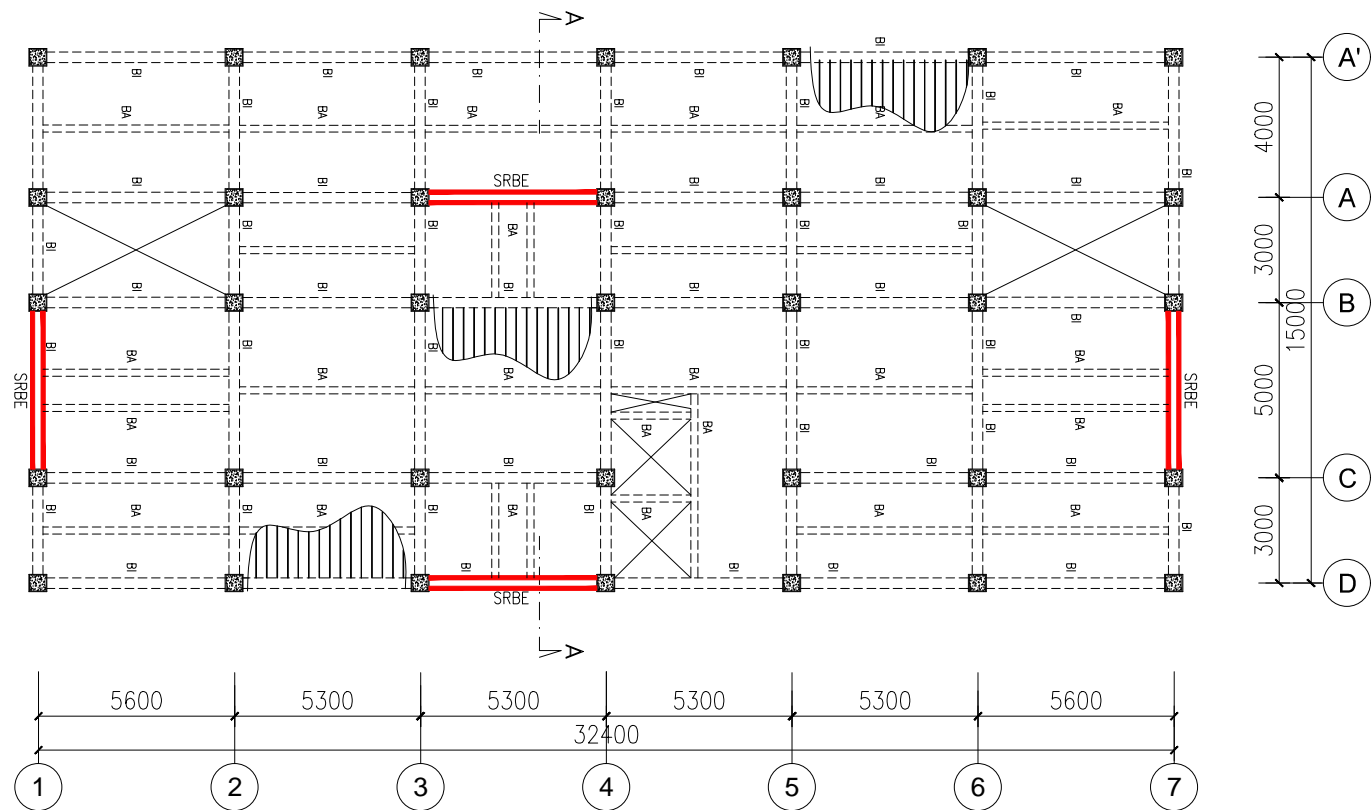
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<p align="center">PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK</p>			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO . ST. MT. Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU , MSc</u> NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						ARS	6	6

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					Ir. <u>ISDARMANU, MSc</u> NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					STR	1	20	




KODE BALOK	DIMENSI
B1	WF 350.250.9.14
BA	WF 300.200.8.12
SRBE	WF 500.200.10.16

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP.			
						KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						STR	2	20




DENAH LANTAI 2
1 : 200

KODE BALOK	DIMENSI
B1	WF 350.250.9.14
BA	WF 300.200.8.12
SRBE	WF 500.200.10.16

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					Ir. <u>ISDARMANU, MSc</u> NIP.			
						<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>3</td><td>20</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR						
STR	3	20						




KODE BALOK	DIMENSI
B1	WF 350.250.9.14
BA	WF 300.200.8.12
SRBE	WF 500.200.10.16

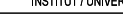
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					Ir. <u>ISDARMANU, MSc</u> NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					STR	4	20	

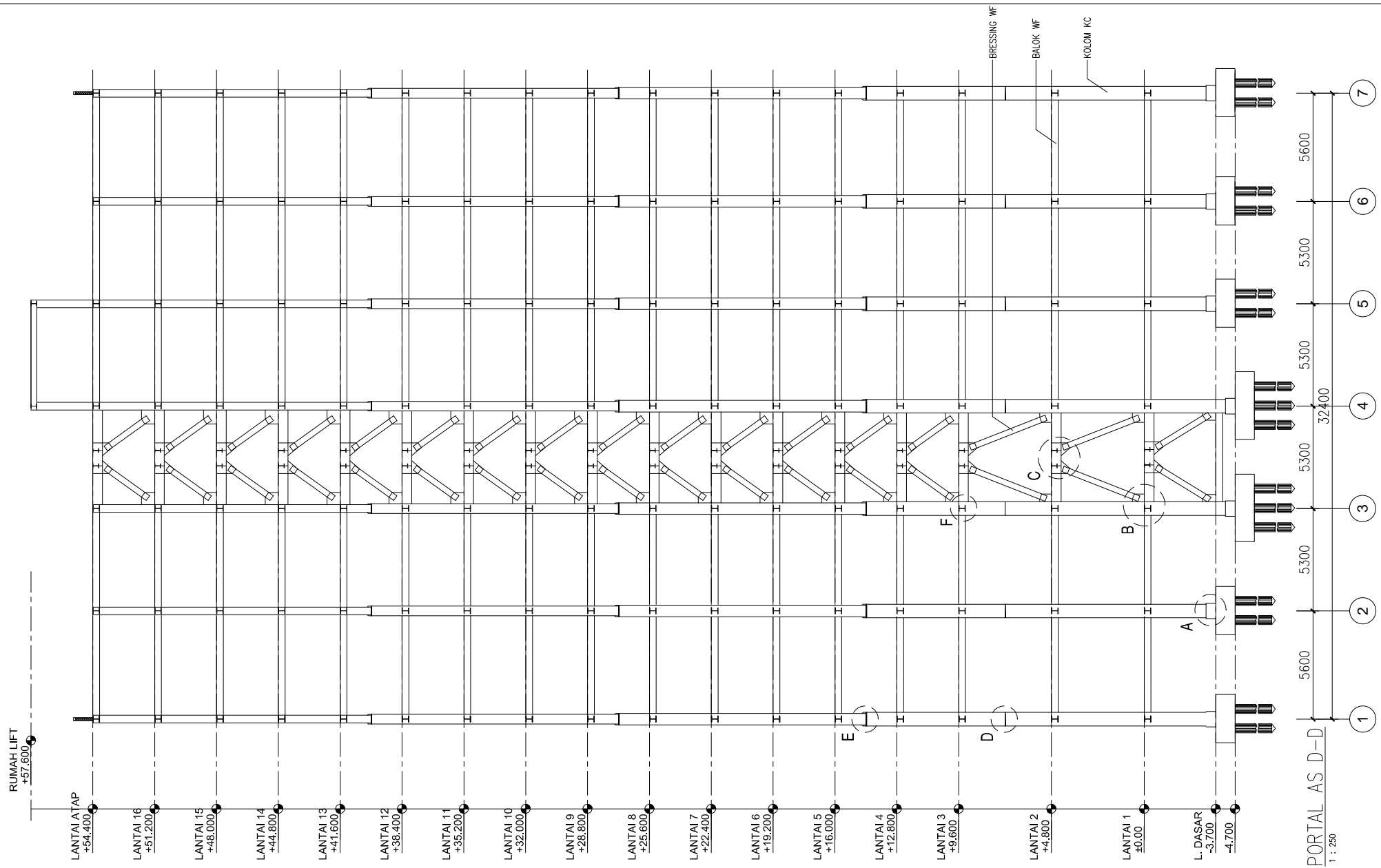



KODE BALOK	DIMENSI
B1	WF 350.250.9.14
BA	WF 300.200.8.12
SRBE	WF 500.200.10.16

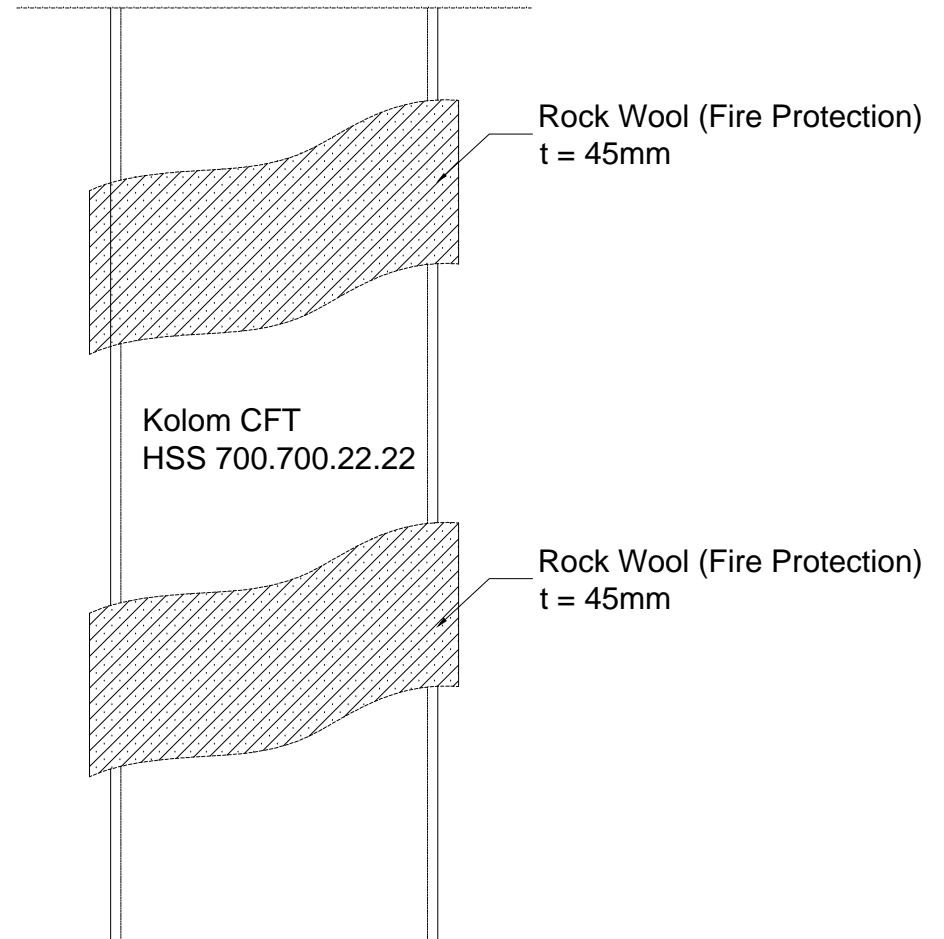
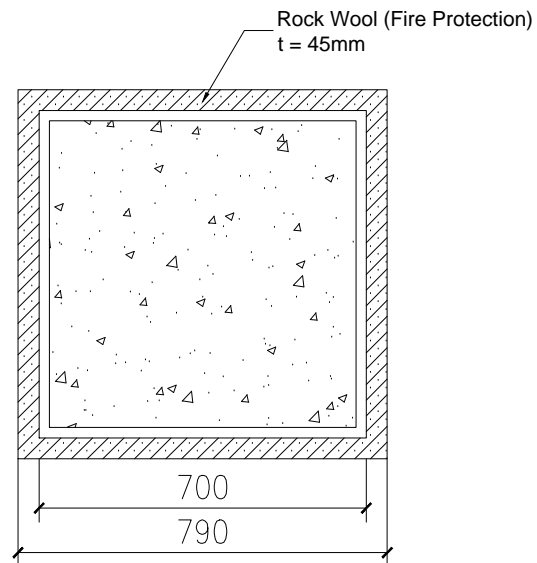
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					Ir. <u>ISDARMANU, MSc</u> NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					STR	5	20	



INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002	
						KODE GBR NO. GBR JUMLAH LBR
					<u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP.	STR 6 20




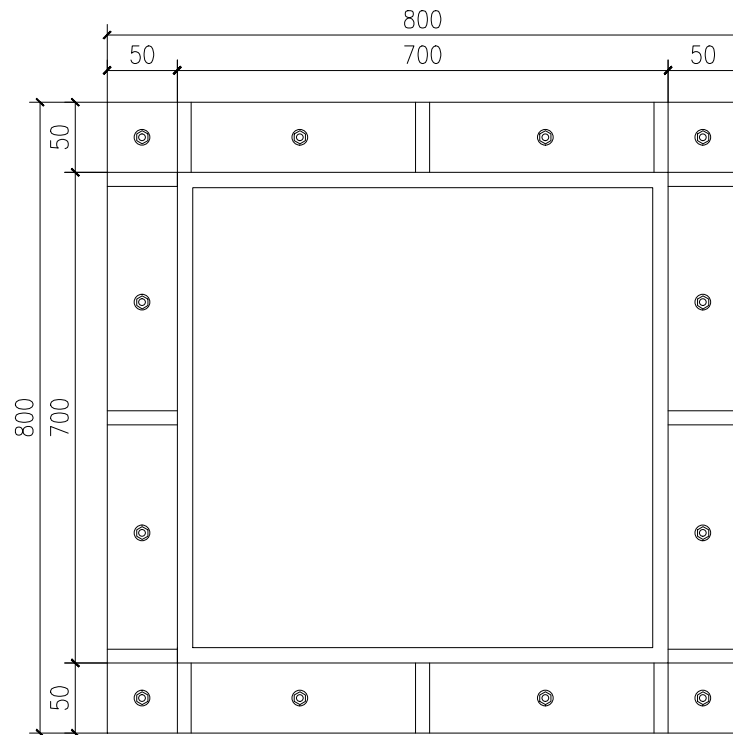
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP.			
						KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						STR	9	20



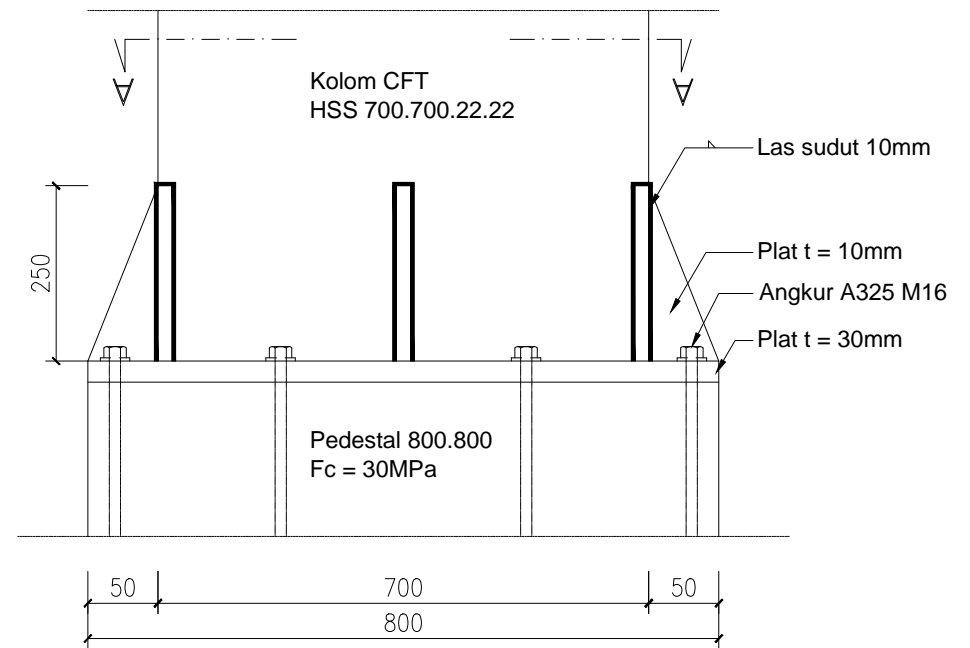
PROTEKSI KOLOM DENGAN ROCK WOOL

1 : 15


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : <u>DAWAMI BURHAN S.</u> NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D</u> NIP. 197301281998021002			
					<u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP.			
					KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	
					STR	10	20	

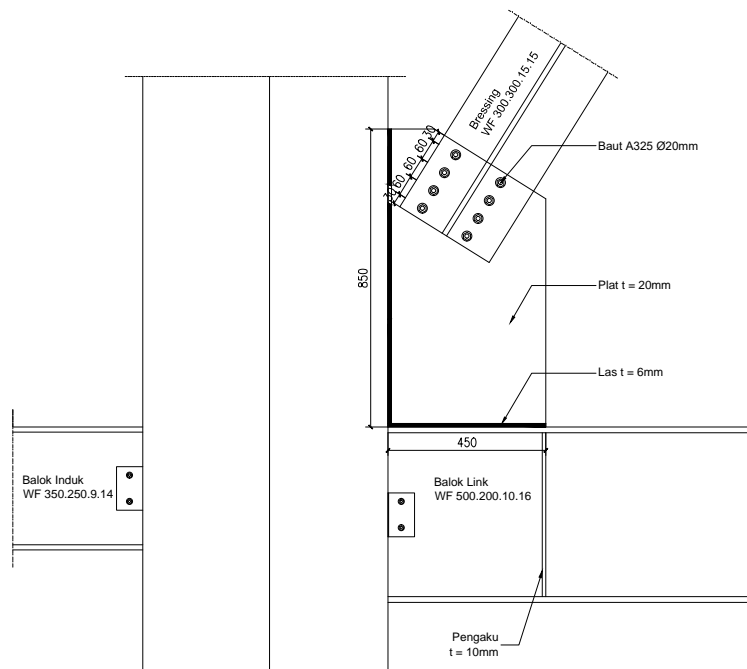


POT A-A
1 : 10

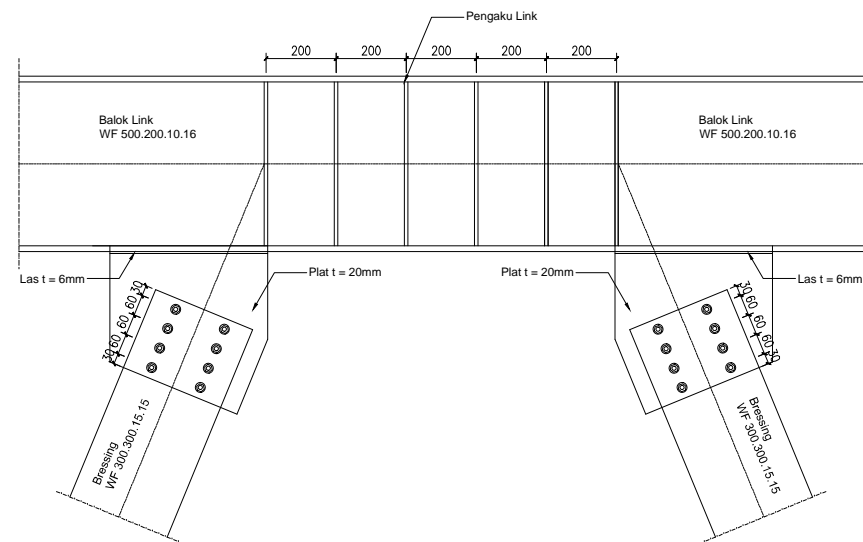


DETAIL A
1 : 10


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT, Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.			
						STR	11	20

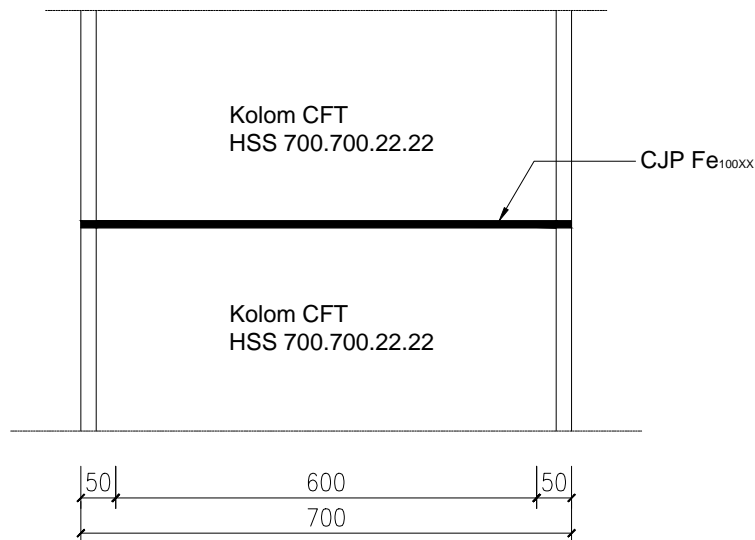


DETAIL B
1 : 20

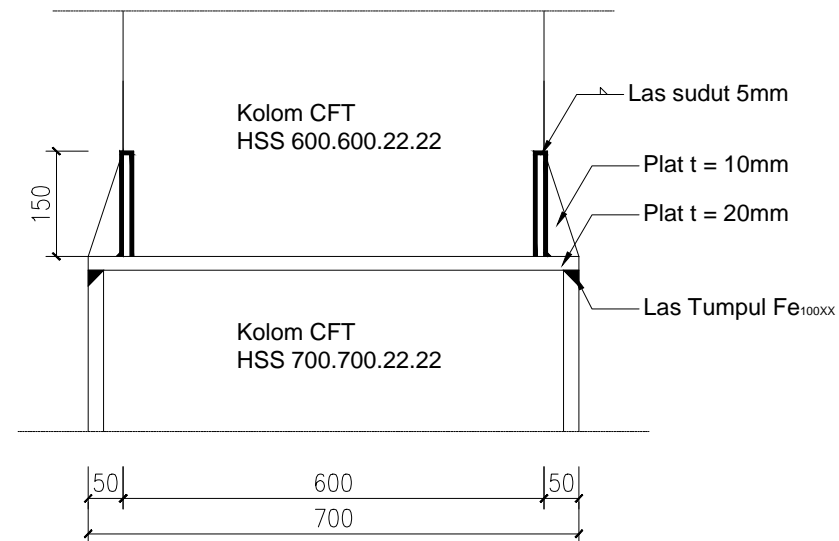


DETAIL C
1 : 20


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI						
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D NIP. 197301281998021002							
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.	<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>12</td><td>20</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	12	20
					KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR					
STR	12	20										

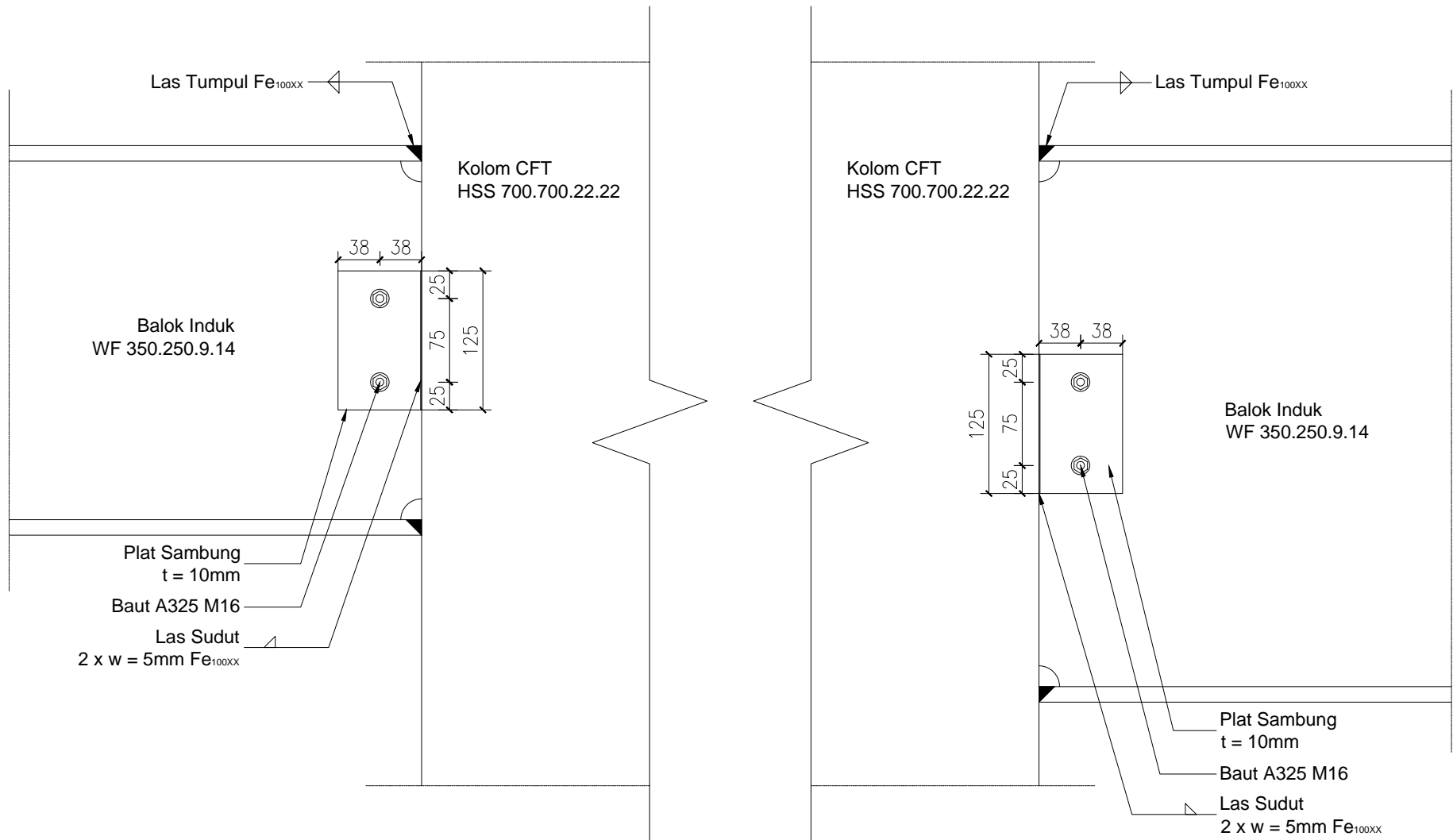



DETAIL D
1 : 10

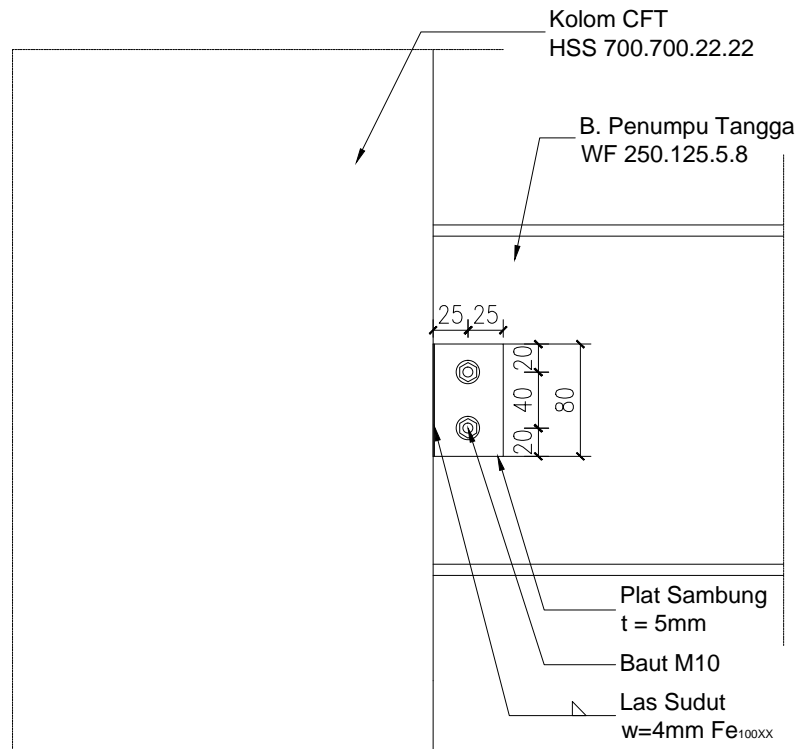


DETAIL E
1 : 10

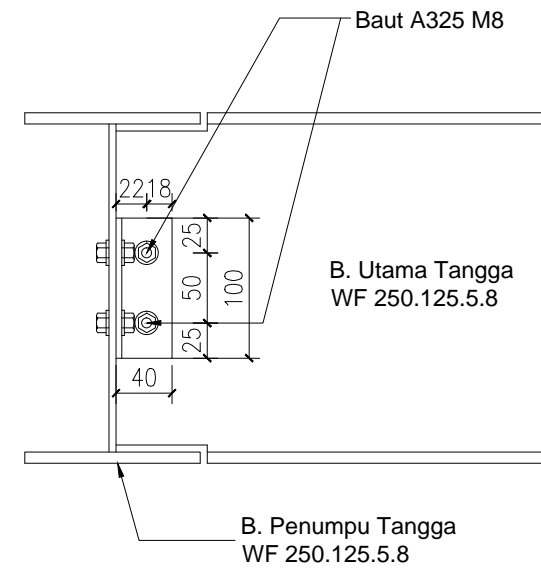
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI						
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D NIP. 197301281998021002							
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.							
						<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>13</td><td>20</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	13	20
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	13	20										




INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI			
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING :				
					BUDI SUSWANTO, ST., MT, Ph.D NIP. 197301281998021002				
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.				
								<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>14</td><td>20</td></tr></table>	KODE GBR
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR							
STR	14	20							

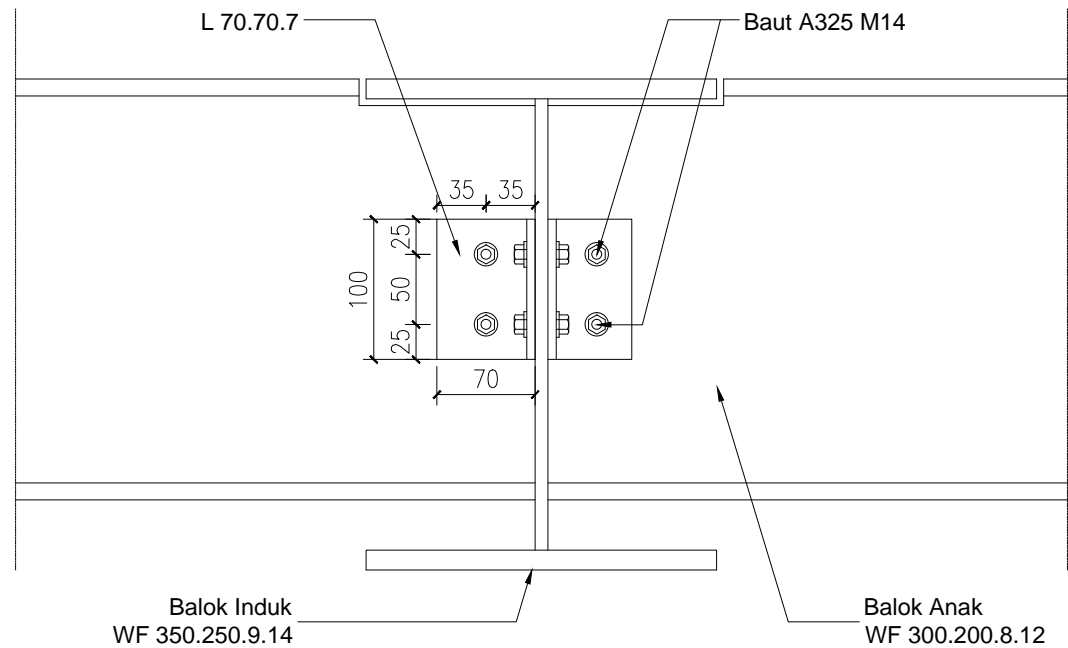


DETAIL G
1 : 5




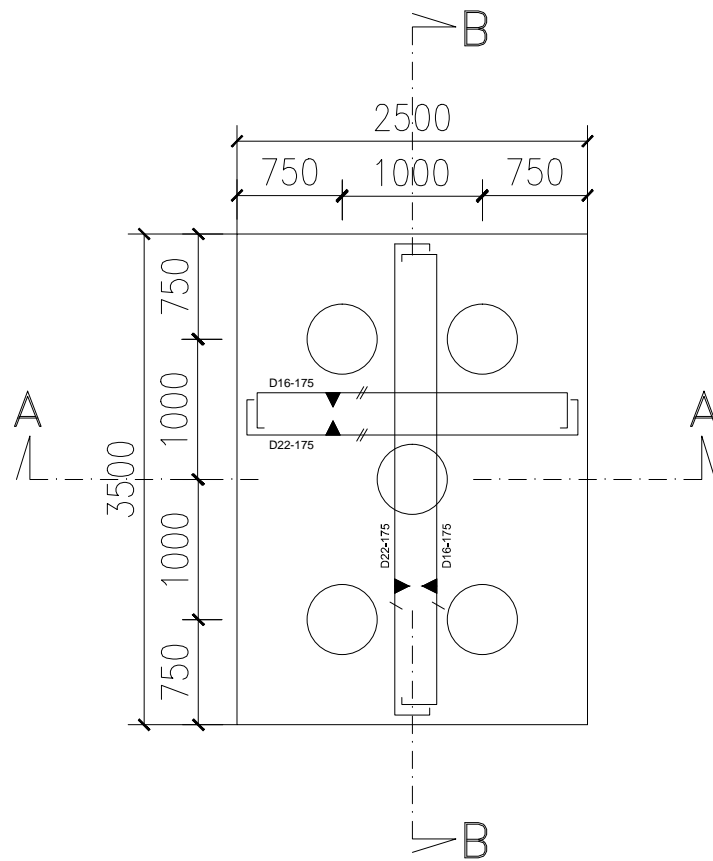
DETAIL H
1 : 5

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 <div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT, Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.			
						<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>16</td><td>20</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR						
STR	16	20						



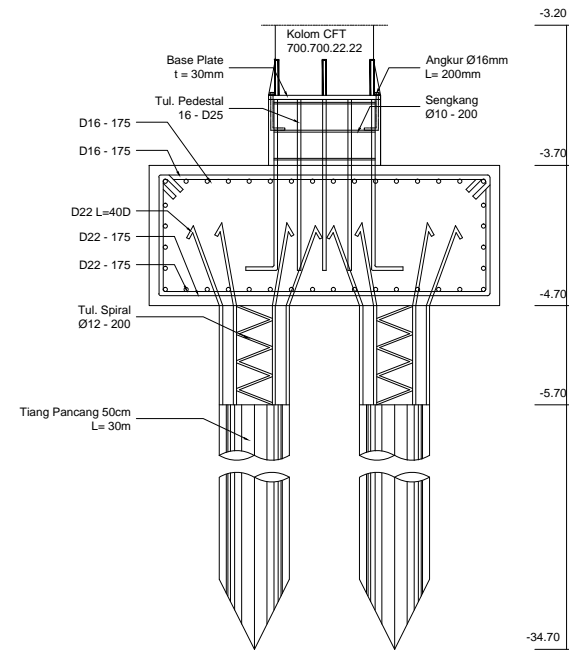
DETAIL I
1 : 5

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING :			
					BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						STR	17	20




DETAIL PILE CAP P1

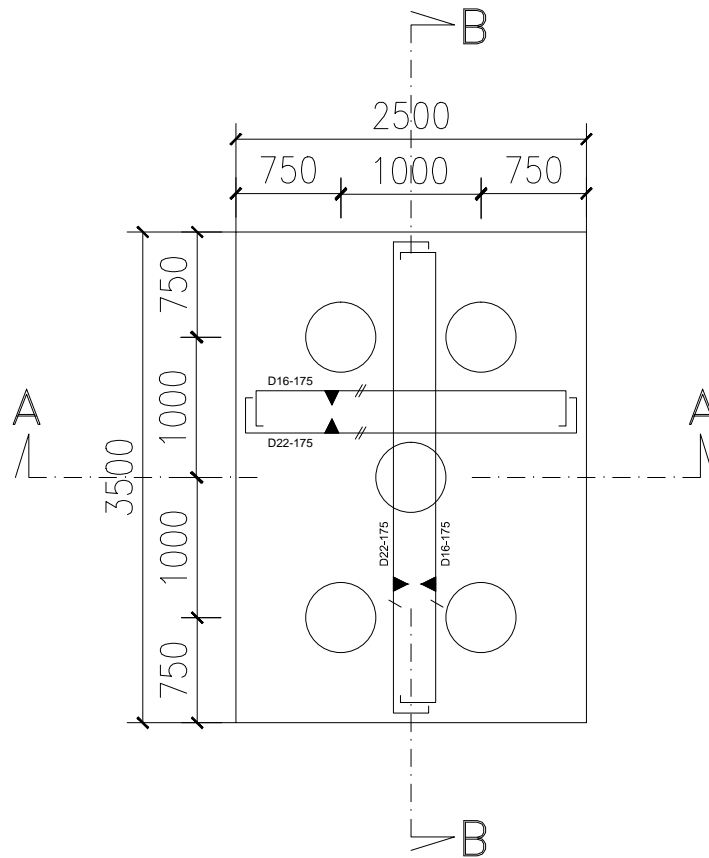
1 : 50



POT A-A

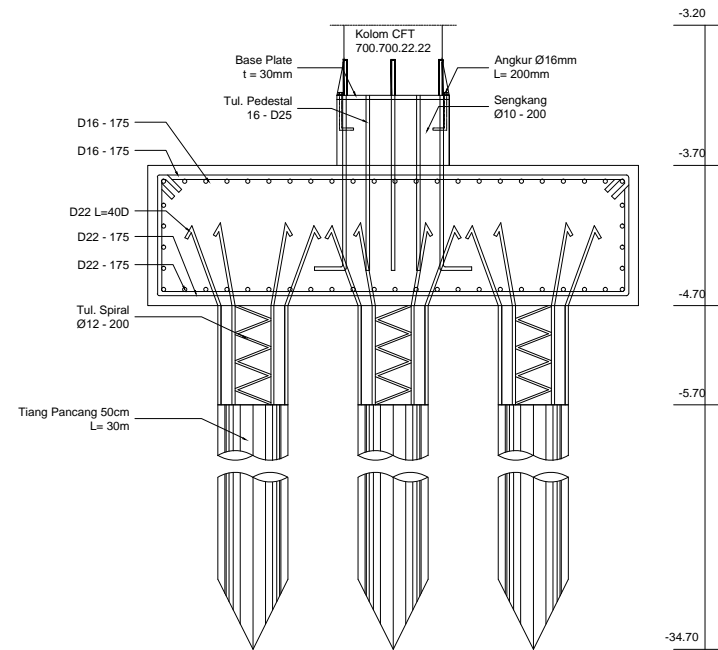
1 : 50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 <div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT, Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					STR	18	20	




DETAIL PILE CAP P1

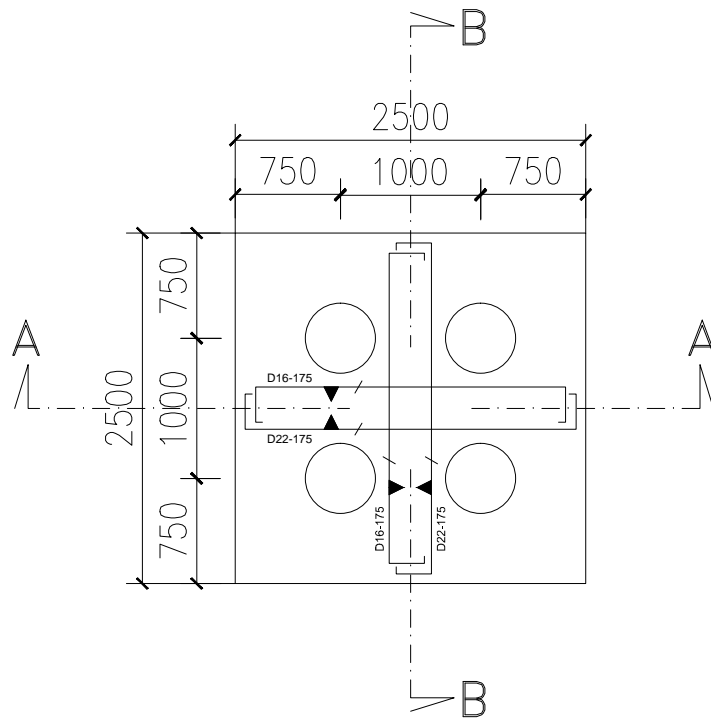
1 : 50



POT B-B

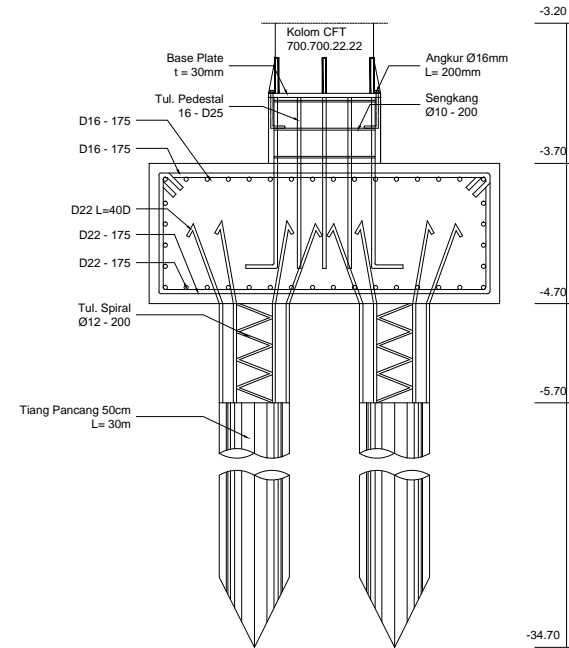
1 : 50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI								
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D NIP. 197301281998021002									
					Ir. <u>ISDARMANU, MSc</u> NIP.				<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>19</td><td>20</td></tr></table>			KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR							
					STR	19	20							




DETAIL PILE CAP P2

1 : 50



POT A-A

1 : 50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS BUDGET & PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK			MAHASISWA : DAWAMI BURHAN S. NRP. 3114105049	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT, Ph.D NIP. 197301281998021002			
					Ir. ISDARMANU, MSc NIP.	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					STR	20	20	

BAB VIII

PENUTUP

8.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
 - a. Plat lantai menggunakan bondek SUPER FLOOR DECK $t = 0,75$ mm, dengan tebal plat beton :
 - Lantai atap $t = 90$ mm
 - Lantai Perkantoran $t = 90$ mm
 - Lantai koridor $t = 100$ mm
 - b. Balok anak
 - Lantai atap WF $250 \times 125 \times 5 \times 8$
 - Lantai Perkantoran WF $300 \times 150 \times 5,5 \times 8$
 - Lantai Koridor WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$
 - c. Balok tangga :
 - Pengaku anak tangga L $60 \times 60 \times 6$
 - Bordes WF $100 \times 50 \times 5 \times 7$
 - Utama $200 \times 100 \times 4,5 \times 7$
 - Penumpu $200 \times 100 \times 5,5 \times 8$
 - d. Balok lift
 - Penumpu WF $400 \times 300 \times 10 \times 16$
2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
 - a. Balok:
 - Melintang WF $350 \times 250 \times 9 \times 14$
 - Memanjang WF $350 \times 250 \times 9 \times 14$
 - Link Melintang WF $500 \times 200 \times 10 \times 16$
 - Link Memanjang WF $500 \times 200 \times 10 \times 16$
 - b. Kolom :
 - Lantai 1-4 Komposit CFT $700 \times 700 \times 22$
 - Lantai 5-8 Komposit CFT $600 \times 600 \times 22$
 - Lantai 9-12 Komposit CFT $500 \times 500 \times 22$
 - Lantai 13-16 Komposit CFT $400 \times 400 \times 22$

3. Dari hasil perhitungan struktur bresing & link didapatkan :
 - a. Panjang link arah :
 - Melintang 100 cm dengan pengaku sejarak 20 cm
 - Memanjang 100 cm dengan pengaku sejarak 20 cm
 - b. Bresing arah :
 - Melintang WF 300 x 300 x 15 x 15
 - Memanjang WF 300 x 300 x 15 x 15
4. Permodelan analisis struktur menggunakan porogram bantu SAP 2000v14, dengan 4 kontrol desain yaitu:
 - a. Kontrol partisipasi massa.
 - b. Kontrol periode getar struktur.
 - c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
 - d. Kontrol batas simpangan (*drift*).
5. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output SAP. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las & baut.
6. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. WIKA Beton dengan $D = 50$ cm (tipe A1) dengan kedalaman 30 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).
7. Hasil dari perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

8.2. Saran

1. Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur bresing eksentrik lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

2. Sebaiknya menggunakan balok induk dengan perbandingan $b=0.5h$, agar lebih efisien.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. (2005), *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. AISC, Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2015)*. Bandung : BSN
- Becker, Roy & Michael Ishler. (1996). *Seismic Design Practice For Eccentrically Braced Frames*. California : Steel Tips Publication.
- Budiono, Yurisman (2011). *Perilaku Link Panjang Dengan Pengaku Diagonal Badan Pada Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa*, Seminar dan Pameran HAKI
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Engelhardt, Michael D., (2007). *Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures*. USA :University of Texas
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1989). *Behavior of Long Links in Eccentrically Braced Frames*. Earthquake Engineering Research Center UBC/EERC-89/01, College of Engineering University of California at Berkeley.

- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1992). *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Structural Engineering. Vol. 118, No. 11.
- Egor P. Popov, Kazuhiko Kasai, & Michael D.Engelhardt. (1986). *Advances In Design of Eccentrically Braced Frames*. Structural Steel Conference, Auckland
- Kurdi, & Budiono, (2013) *Studi Numerik Peningkatan Kinerja Struktur Baja Eccentrically Braced Frame Type-D Dengan Modifikasi Pengaku Badan Link Geser*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)
- Marwan, & Isdarmanu, (2006). *Buku Ajar : STRUKTUR BAJA I*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
- Moestopo, M., & Yudi, H., (2006), *Kajian Kinerja Link Yang Dapat Diganti Pada Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik Tipe Split-K*. Seminar dan Pameran HAKI.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002)*. Jakarta : Erlangga.
- Suwignya, (2010), *Modifikasi Perencanaan Struktur Apartement Puncak Dharmahusada Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris*. ITS
- Widyastuti, Erna, (2010). *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Gadjah Mada (Ugm) Di Sendowo, Sleman, Yogyakarta Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam*. ITS

Yurisman, (2010). *Perilaku Link dengan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF)*. ITB

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Dawami Burhan Sidqi, dilahirkan di Malang, 03 Agustus 1994, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 205 Kota Jambi tahun 2005, SMPN 17 Kota Jambi tahun 2008, SMA Negeri 5 Kota Jambi 2011, D3 Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2011. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2011, Penulis

mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur Teknik yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2014, terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 3114 105 049. Pada Program Studi S1 Lintas Jalur Teknik Sipil ini. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh ITS.